

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - UNICEUB
ASA NORTE
ENGENHARIA CIVIL**

**ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTOS DE OBRAS DE FUNDAÇÕES
NO SETOR NOROESTE DE BRASÍLIA - DF**

CRISTIANO ALVES VIANA

**BRASÍLIA
2013**

CRISTIANO ALVES VIANA

**ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTOS DE OBRAS DE FUNDAÇÕES
NO SETOR NOROESTE DE BRASÍLIA - DF**

Monografia apresentada como exigência
para obtenção do grau de Bacharelado
em ENGENHARIA CIVIL do CENTRO
UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA -
UNICEUB.

Orientador: JOCINEZ N. LIMA

**BRASÍLIA
2013**

CRISTIANO ALVES VIANA

**ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTOS DE OBRAS DE FUNDAÇÕES
NO SETOR NOROESTE DE BRASÍLIA - DF**

Monografia apresentada como exigência
para obtenção do grau de Bacharelado
em ENGENHARIA CIVIL do CENTRO
UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA -
UNICEUB.

Brasília, 02 de julho de 2013.

Banca Examinadora

Eng. Civil: Jocinez Nogueira Lima, M.Sc
Orientador

Eng. Civil: Jairo Nogueira Furtado, M.Sc
Examinador Interno

Prof.: Rideci Farias, D.Sc
Examinador Externo

DEDICATÓRIA

A minha mãe pelo empenho e dedicação na minha infância e por ter me ensinado a andar em um caminho cristão.

Aos meus avós Delourd e Cláudio pelo o exemplo de vida e por proporcionar essa graduação.

Ao meu Tio Cláudio por todo o apoio e incentivo nessa minha caminhada.

Ao meu pai pelo incentivo ao estudo.

AGRADECIMENTOS

Ao Engenheiro Rogério Soares Coelho pela paciência e conhecimentos passados de engenharia de fundações.

Ao Engenheiro Lamarck Lustosa de Melo pela colaboração neste trabalho.

Ao Professor DickranBerberian pelo seu amplo conhecimento teórico em engenharia de Fundações.

Ao Professor Jairo pela iniciativa e colaboração neste trabalho.

Ao Professor Jocinez N. Lima pela orientação neste trabalho.

A todos os professores do curso de engenharia civil do Uniceub.

Ao DickranBerberian Junior pela oportunidade de estágio e de ampliação de conhecimento em fundações.

À empresa Fundex/Infrasolo por todo apoio e fornecimento de dados para a elaboração deste trabalho.

A todos os meus colegas de faculdade, em especial a Fernanda Monsueth pelo convívio e amizade.

"Ninguém baterá tão forte quanto à vida. Porém, não se trata de quão forte pode bater, se trata de quão forte pode aguentar apanhar e permanecer de pé”.

Rocky Balboa

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo a comparação de custos das fundações de obras executadas no setor Noroeste de Brasília - DF. Foram analisadas quatro quadras (107, 108, 108/109 e 109) utilizando-se o método de prospecção SPT, seguido por Sondagem Rotativa. As quadras estão muito próximas. O perfil geotécnico dos solos principal e secundário foi traçado, por técnicos experientes, através da classificação Tátil-visual. Os componentes da mistura foram classificados utilizando-se como base o Sistema Unificado de Classificação dos solos. Foi verificado durante o trabalho uma variação significativa do perfil geotécnico do solo na região, implicando na elevação dos custos das obras das fundações.

Palavras-chave: Fundações, Noroeste, Brasília, Sondagem SPT, Perfil geotécnico, Solos, classificação dos solos.

ABSTRACT

This study aims to compare the costs of different foundations of land situated in the North west sector in Brasilia-DF. Four blocks were analyzed using the method of prospecting SPT, followed by Rotary Survey. The blocks are close to each other. The geotechnical soil profile primary and secondary was traced, by experienced technicians, through classification Tactile-visual. The components of the mixture were classified using as base the Unified System for Soil Classification.

Keywords: Foundations, northwest, Brasilia, prospecting SPT, classification tactile – visual, soil.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 CONTEXTO GERAL	11
1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS	12
2.2 MÉTODOS DE PROSPECÇÃO.....	17
2.2.1 PERFIL GEOTÉCNICO	17
2.2.2 FATORES QUE INFLUENCIAM NOS MÉTODOS DE PROSPECÇÃO	19
2.3 SONDAGENS	23
2.3.1 SONDAGEM SPT	23
2.3.2 SONDAGEM ROTATIVA	24
2.4 QUANTIDADE E LOCAÇÃO DOS FUROS	25
2.5 FUNDAÇÕES MAIS USUAIS.....	27
2.5.1 CONCEITO.....	27
2.5.2 CLASSIFICAÇÃO DAS FUNDAÇÕES	28
2.5.2.1 FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS.....	28
2.5.2.2 FUNDAÇÕES PROFUNDAS.....	29
2.5.3 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO.....	30
3 MATERIAIS E METODOLOGIA	41
3.1 MATERIAIS.....	41
3.2 METODOLOGIA	48
4 ANÁLISE DE RESULTADOS	51
4.1 QUADRA 107.....	51
4.2 QUADRA 108.....	55
4.3 QUADRA108/109.....	59
4.4 QUADRA 109.....	64
5 CONCLUSÃO.....	71
REFERÊNCIAS.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Fatores de intensidade FI	13
Tabela 2.2 - Tipos de Solos (1).....	15
Tabela 2.3 - Intensidade da Mistura do Solo (2).....	15
Tabela 2.4 - Ocorrências especiais (3)	16
Tabela 2.5 - Cores (4).....	15
Tabela 2.6 - Umidade (5)	16
Tabela 2.7 - Consistência Solos Coesivos (Argilas e siltes argilosos) (6).....	16
Tabela 2.8 - Compacidade Solos Granulares (areias e Siltes Arenosos) (7).....	17
Tabela 2.9 - Número de furos	26
Tabela 2.10 - Classificação dos solos USCS/BERBERIAN.....	35
Tabela 2.11 - Valores de KAV e α_{AV} segundo Aoki/Velloso, C segundo Quaresma, K_{Base} segundo Berberian..	35
Tabela 2.12 - Fatores F_P e F_L Aoki/Velloso e vários autores	36
Tabela 2.13 – Valores de C_D , K_{LD} e K_{PD} : Método de Décourt/Quaresma.....	39
Tabela 3.1 - Carga dos Pilares. ADC Projetos - Obra Mancá Residencial	49
Tabela 4.1 - Capacidade de carga Quadra 107	52
Tabela 4.2 - Quantidade de estacas Quadra 107.....	52
Tabela 4.3 - Volume de concreto e mão de obra	53
Tabela 4.4 - Volume de concreto e custo da mão de obra	54
Tabela 4.5 - Capacidade de Carga estaca escavada.....	56
Tabela 4.6 - Quantidade de estacas escavadas	56
Tabela 4.7 - Volume de concreto e custo da mão de obra.	57
Tabela 4.8 - Volume de concreto e custo da mão de obra	58
Tabela 4.9 - Capacidade de carga da estaca escavada.....	60
Tabela 4.10 - Quantidade de estacas escavadas	60
Tabela 4.11 - Volume de concreto e custo da mão de obra	61
Tabela 4.12 - Capacidade de carga estaca Hélice Contínua.....	62
Tabela 4.13 - Quantidade de estacas Hélice Contínua	63
Tabela 4.14 - Volume de concreto e custo da mão de obra	63
Tabela 4.15 - Capacidade de Carga estaca Hélice Contínua.....	65
Tabela 4.16 - Quantidade de estacas Hélice	66
Tabela 4.17 - Volume de concreto e custo da mão de obra	66
Tabela 4.18 - Capacidade de carga Estaca Pré-Moldada	67
Tabela 4.19 - Quantidade de estacas pré-moldada	68
Tabela 4.20 - Custo das estacas pré-moldada.....	68
Tabela 4.21 - Custo da mão de Obra.....	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Sequência Padrão para classificação Tátil Visual de um solo	17
Figura 2.2 - Perfil Geotécnico.....	18
Figura 2.3 - Tipos de perfis geológicos	19
Figura 2.4 - Perfil Residual.....	20
Figura 2.5 - Perfil Sedimentar.....	22
Figura 2.6 - Disposição recomendada para furos de sondagens	27
Figura 2.7 – Sapata corrida	28
Figura 2.8 – Sapata Isolada	28
Figura 3.1 – Planta baixa Noroeste	41
Figura 3.2 - Sondagem Quadra 107.....	42
Figura 3.3 - Sondagem Quadra 108.....	43
Figura 3.4 - Sondagem quadra 108/109.....	44
Figura 3.5 - Continuação Sondagem quadra 108/109.....	45
Figura 3.6 - Capacidade de carga Quadra 109	46
Figura 3.7 – Continuação Sondagem Quadra 109.....	47
Figura 3.8 – Locação dos Pilares	49
Figura 4.1 – Comparativo de custos quadra 107.....	54
Figura 4.2 – Comparativo de custos quadra 108.....	58
Figura 4.3 – Comparativo de custos quadra 108/109.....	64
Figura 4.4 – Comparativo de custos quadra 109.....	69
Figura 4.5 – Resumo comparativo dos custos	70

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO GERAL

É necessário ter um conhecimento das características geotécnicas do solo local para realização de um projeto de fundação. Em Brasília a principal forma de investigação geotécnica é o ensaio SPT pela sua praticidade e o seu custo que é baixo. Neste tipo de sondagem, a classificação dos solos, realizada na maioria das vezes somente por técnicos experientes, é efetuada tátil-visualmente, classificando-se os solos principal e secundário, componentes da mistura utilizando-se como base o Sistema Unificado de Classificação dos solos.

Neste trabalho buscou-se apresentar os resultados sobre a classificação geotécnica, soluções em elementos de fundação e custo da fundação nas quadras 107, 108, 108/109 e 109 do Setor Noroeste em Brasília.

1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O trabalho tem como base a análise de 04 relatórios de sondagens, totalizando 23 furos de sondagem, realizadas nas quadras 107, 108, 108/109, 109 do bairro Noroeste em Brasília entre a data 09/01/2012 e 08/11/2012.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

No presente trabalho adota-se como Sistema de classificação do solo o Sistema Unificado de Classificação dos solos USCS, complementando e enriquecido por terminologias regionais. No caso a recomendação Berberian.

Existem vários sistema específicos para classificação dos solos. O Sistema Unificado, entretanto é o mais popular, e divide os solos em dois grandes grupos: Grossos e Finos, diferenciando-os segundo a porcentagem em peso que passa na peneira número 200, Berberian (1975).

Este sistema confere diretamente nomes as frações representativas do solo, levando vantagem sobre os outros sistemas, cujos resultados menos intuitivos estão na forma de letras e números.

Argila =	C	(Clay)
Silte =	M	(Mó)
Areia =	S	(Sand)
Areia Fina =	Sf	(Fine Sand)
Areia Grossa =	Sz.	(CoarseSand)
Pedregulho =	G	(Gravel)

Berberian recomenda adicionar:

L	=	Solo Laterítico
Kf	=	Argila Laterítica porosa, kaolinítica, (geralmente vermelha), metaestável, cujo ion principal é o ferro.
Ka	=	Argila Laterítica porosa, (geralmente amarela ou rosa), metaestável, cujo ion principal é o alumínio.

Sendo assim, um solo cujo o símbolo é:

CM - seria uma Argila Siltosa

MSM - seria um Silte Arenoso-Siltoso

Todavia, foi necessário adicionar outras características de um solo, tais como: cor, umidade, ocorrências especiais, etc., para aumentar as informações geotécnicas.

Procurando refinar e aumentar a precisão das correlações - Parâmetros do Solo x SPT - visando aplicá-las na prática de projetos geotécnicos, sentiu a necessidade de conhecer o quanto (a intensidade) o solo secundário comparecia na mistura final, era preciso saber, por exemplo, se uma determinada Argila era Muito ou Pouco Siltosa ou Arenosa etc...

Surgiu assim a primeira idéia de introduzir no sistema Unificado, um fator de intensidade FI, variando de 3 a 7 (Tabela 2.1), tomando-se o 5 como intensidade média ou normal, de tal forma a fornecer, através da classificação tátil – visual de campo, uma idéia de quantificação (intensidade) dos elementos secundários na mistura final que compõe uma dada amostra de solo, vez que variando-se a participação dos componentes secundários na mistura dos solos ensaiados para comporem a base de dados desta pesquisa, indicaram variações, as vezes até significativas dos principais parâmetros com a porcentagem dos solos secundários.

Concebeu Berberian, um fator de intensidade variando de 3 a 7, tomando-se o 5 como porcentagem média, com que o solo secundário entra na composição da mistura.

Tabela 2.1 - Fatores de intensidade FI. (BERBERIAN, 1986).

FI	Designação	% # 200 Comp. Secundário
7	Demasiadamente	40 ± 5
6	Muito	35 ± 5
5	Medianamente	25 ± 5
4	Pouco	15 ± 5
3	Muito Pouco	5 a 10 + 5

Quando por exemplo uma argila é medianamente arenosa, pode-se simplificar sua classificação, suprimindo-se o termo medianamente designando-a somente por

Argila Siltosa.

Desta forma tornou-se possível conhecer-se a intensidade de cada componente na mistura, como por exemplo:

S3C - Areia Muito Pouco Argilosa

Levando em consideração a importância dos solos não saturados no contexto da engenharia geotécnica, Berberian introduziu também um segundo dígito numérico, indicador da umidade (tátil de campo) das amostras. Da mesma forma o número 5 foi tomado como umidade média:

- 9 - Submerso (Abaixo do NA)
- 7 - Saturado
- 6 - Muito Umido
- 5 - Umido
- 4 - Pouco Umido
- 3 - Seco

Assim sendo, a mesma amostra acima poderia ter sua classificação enriquecida, passando a ter a seguinte forma:

S3C4 - Areia Muito Pouco Argilosa, Pouco Úmida.

Para melhorar a descrição e a caracterização dos solos tropicais frequentes no Brasil, introduziu-se também o símbolo K, conforme recomenda Milton Vargas, para descrever:

Kf (Lateritic Clay) - Argila Laterítica Tropical Porosa, Vermelha (ferro).

Ka (Lateritic Clay) - Argila Laterítica Tropical Porosa, Amarela (alumínio).

Por outro lado, montou-se um sistema de símbolos que de forma simples identifica outras propriedades relevantes de um solo (vide FIG. 1).

Os quadros de 2 a 8 indicam inclusive uma primeira correlação entre a classificação tátil aqui proposta e a umidade obtida em laboratório, sobre um grande número de amostras de solos tropicais.

Deve-se observar que um número indicativo de umidade virá na quinta posição, ou seja, logo após a letra (sempre minúscula) que simboliza a cor do solo. Vale observar ainda que quando o solo apresenta mais de duas cores, recomenda-se caracterizá-lo com o termo latino “variegado”, mas indicando contudo sua cor predominantemente.

Este sistema facilitou consideravelmente as pesquisas, principalmente aquelas destinadas ao estabelecimento ou aferição de correlações paramétricas, ampliando sensivelmente o leque destas correlações e facilitando a informatização das soluções geotécnicas.

Tabela 2.2 - Tipos de Solos (1). (BERBERIAN, 1986).

C	Argila
M	Silte
S	Areia
Sf	Areia Fina
Sz	Areia Grossa
G	Pedregulho
P	Solo Orgânico (Turfa)
Kf	Argila Laterítica Porosa, Kaolínica, (geralmente vermelha), metaestável cujo o íon principal é o ferro.
Ka	Argila Laterítica porosa, (geralmente amarela ou rosa), metaestável, cujo íon principal é o alumínio.

Tabela 2.3 - Intensidade da Mistura do Solo (2). (BERBERIAN, 1986).

7	Demasiadamente
6	Muito
5	Medianamente
4	Pouco
3	Muito Pouco

Tabela 2.4 - Ocorrências especiais (3). (BERBERIAN, 1986)

Ar	Arenitos
Ad	Ardósia
Lc	Canga Laterítica
Mc	Mica
NI	Nódulos de Limonita
Mi	Siltito
Fi	Filito
Ca	Calcário
Qz	Quartzitos
Cq	Cristais de Quartzo
Qv	Veios de Quartzo
Po	Porosa
Re	Residual
Ma	Marinha

Tabela 2.5 - Cores (4). (BERBERIAN, 1986).

v	Vermelho
o	Rosa
b	Branco
c	Cinza
m	Marron
p	Preto
r	Roxo
a	Amarelo
g	Variegado

Tabela 2.6 - Umidade (5). (BERBERIAN, 1986).

9	Submersa (abaixo N.A)	*
7	Saturada	50 a 100
6	Muito Úmida	40 a 50
5	Úmida	30 a 40
4	Pouco Úmida	20 a 30
3	Seco	5 a 20

Tabela 2.7 - Consistência Solos Coesivos (Argilas e siltes argilosos) (6). (BERBERIAN, 1986).

0 a 2	Muito Mole
3 a 5	Mole
6 a 10	Média
11 a 19	Rija
20 a 50	Dura

Tabela 2.8 - Compacidade Solos Granulares (areias e Siltes Arenosos) (7). (BERBERIAN, 1986).

0 a 4	Fofa
5 a 8	Pouco Compacta
9 a 18	Medianamente Compacta
19 a 40	Compacta
40 ou mais	Muito Compacta

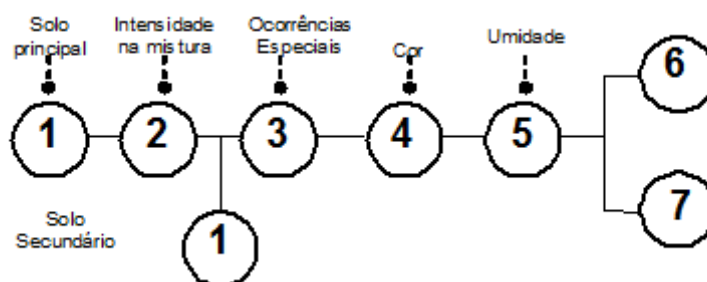


Figura 2.1 - Sequência Padrão para classificação Tátil Visual de um solo. (BERBERIAN, 1986).

Exemplo: C4MNleg4 - Argila Pouco Siltosa com Nódulos de Limonita, Vermelha Variegada, Pouco Úmida.

2.2 MÉTODOS DE PROSPECÇÃO

2.2.1 PERFIL GEOTÉCNICO

Para traçar um Perfil Geotécnico é necessário realizar uma investigação de campo. Essa investigação fornecerá os dados para o traçado do Perfil Geotécnico.

Segundo BERBERIAN (1986), as camadas de solo de um Perfil Geotécnico é apresentado em forma de gráfico e é composto por:

- Classificação geotécnica das camadas.
- Espessura de cada camada.
- Altitude (inclinação) das camadas.
- Posição do lençol freático.
- Diagramas de resistências (SPT, CPT, DMT, etc)

- Parâmetros dos solos de algumas camadas complementam e enriquecem um perfil.

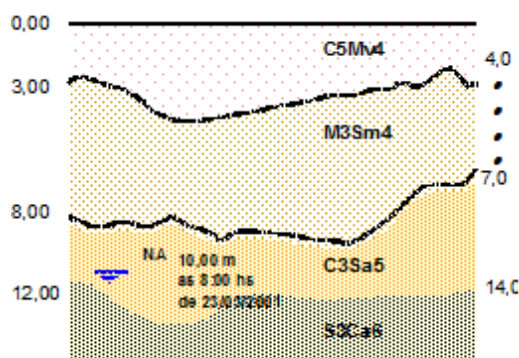


Figura 2.2 - Perfil Geotécnico. (BERBERIAN, 1986).

As sondagens são classificadas em 3 grupos:

- Sondagens diretas: São aquelas que para o traçado do Perfil Geotécnico à introdução de ferramentas no terreno e a retirada de amostras.
- Sondagem Semi-Diretas: São aquelas onde se prevê a introdução de ferramentas no terreno, mas não colhem amostras.
- Sondagens indiretas: São aquelas que para traçar o perfil Geotécnico não se prevê a introdução de ferramentas no terreno e nem a coleta de amostras, e ainda assim fornecem subsídios para o traçado do Perfil Geotécnico.

2.2.2 FATORES QUE INFLUENCIAM NOS MÉTODOS DE PROSPECÇÃO

A técnica ou o método de prospecção vai depender do que se procura.

Na maioria dos casos segundo BERBERIAN (1986) o que se procura é:

- a) Tipo de solo.
- b) Disposição do terreno.
 - b.1) Disposição dos estratos.
 - b.2) Espessura dos estratos.
 - b.3) Cotas dos níveis d'água.
 - b.4) Atitudes (mergulho) das camadas.
- c) Caracterização do solo.
 - c.1) Compressibilidade.
 - c.2) Resistência ao cisalhamento.
 - c.3) Permeabilidade.

O termo estrato é aplicado à camada de solo relativamente bem definida em contato com outras camadas de caráter eminentemente diferentes.

Se o limite entre os estratos são aproximadamente paralelos, o perfil do solo é chamado simples ou regular.

Se os limites constituem camadas irregulares, o perfil do solo é dito errático, onde geralmente ocorrem dobramentos ou falhas.

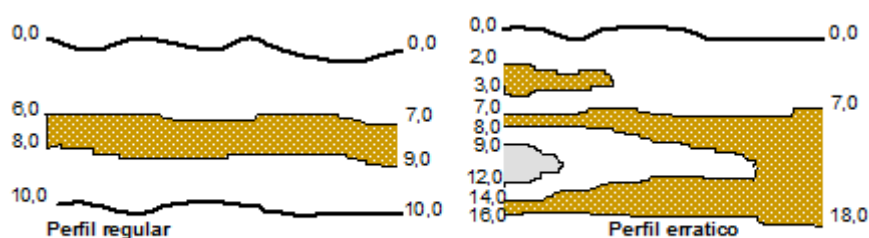


Figura 2.3- Tipos de perfis geológicos. (BERBERIAN, 1986).

Se a resistência do solo é crescente com a profundidade o perfil geotécnico é dito sendo residual. Um perfil residual é aquele no qual o solo foi formado por decomposição da rocha local, sem sofrer transporte, ou seja, a medida que se aumenta a profundidade menos decomposta e menos intemperizada estará a rocha, até se encontrar a rocha mater.

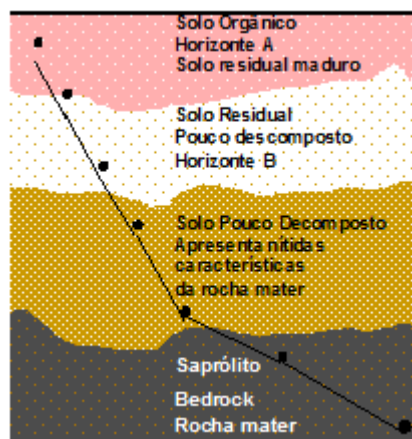


Figura 2.4 - Perfil Residual. (BERBERIAN, 1986).

- Mais previsíveis.
- Obras mais seguras.
- Obras mais econômicas.
- Abaixo das fundações terreno mais resistente.
- Programa de sondagem mais facilitado e seguro.

Os solos residuais seriam subdivididos, conforme a zona de intensidade de intemperismo, em horizontes que geralmente, se organizam da superfície para o fundo. Por outro lado a transição entre um horizonte e outro é gradativa, de forma que a separação entre os dois deles pode ser arbitrária.

Solo residual maduro - Superficial a um horizonte "poroso" é aquele em que o solo perdeu toda a estrutura original da rocha-mãe e tornou-se relativamente homogêneo.

Saprólito - É aquele que mantém a estrutura original da rocha-mãe, inclusive

veios intrusivos, fissuras, xistosidade e camadas, mas perdeu totalmente sua consistência. À vista pode confundir-se com uma rocha alterada, porém, pela pressão dos dedos, esboroa-se completamente.

Blocos em material alterado -É o horizonte em que a alteração progrediu, ao longo de fraturas ou zonas de menor resistência, deixando relativamente intactos grandes blocos da rocha original envolvidos por solo de alteração de rocha.

Se o solo varia em cada camada, se a resistência das camadas variarem significativamente havendo inclusive a possibilidade de ocorrência de solos mais fracos sob camadas mais resistentes, o perfil geotécnico é dito Sedimentar ou transportado.

Um perfil sedimentar é aquele constituído pelo transporte, deposição e sedimentação de solos formados em outros locais.

A estrutura, (alveolar, floculada ou gravitacional) e a resistência de cada camada depende do agente transportador e de intemperismo, que pode ser:

- Pelos ventos (solos eólicos)
- Pelas águas (solos aluviais)
- Por geleiras fundentes (solos glaciais)
- Por ação de gravidade (solos coluviais)

Eólicos – São os transportados pelo vento. Seus dois tipos mais comuns são: 1) as dunas, das praias litorâneas; 2) os depósitos de "loess" – ainda não identificados entre nós, porém muito comuns em outros países.

Sedimentos – Incluem-se nessa classe os solos constituídos por camadas, quer sejam as camadas recentes, em geral quaternárias, de argilas e areias, ou os sedimentos mais antigos (terciários) os quais, sob o ponto de vista dos geólogos, não estejam ainda consolidados.

Aluviões – Formam a classe dos solos em que o agente transportador é essencialmente as águas rápidas e em grande quantidade. São eles: aluviões deterraços fluviais, aluviões deltaicos, aluviões de estuários e baixadas litorâneas.

Solos Glaciais – Formados pelo transporte de geleiras fundentes, como a água gelada é mais densa e capaz de transportar componentes mais grossos resultando em solos misturados finos, médios e grossos.

Coluviões – Estão nessa classe os "talus" de deposição de material escorregados de encostas e depositados no pé das serras.

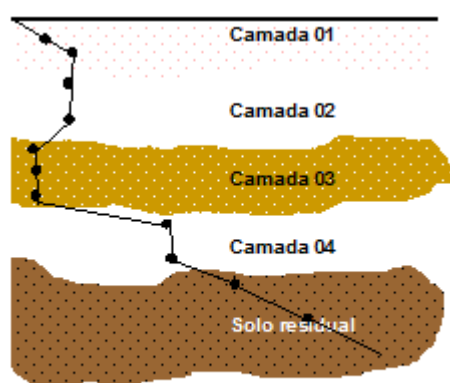


Figura 2.5 - Perfil Sedimentar. (BERBERIAN, 1986).

- Imprevisíveis
- Probabilidade de ocorrência de camadas moles sob camadas resistentes.
- Camadas constituídas por diferentes solos.
- Cautela ao projetar fundações.
- Programa de exploração do solo mais caro e complexo.

Outro fator muito importante que não posso deixar de citar é o Tipo ou Porte da obra. Temos que considerar o valor da obra. Uma obra de pequeno custo econômico implica em um programa restrito de sondagens. Análises racionais de programas de exploração de subsolo têm provocado grande economia nos projetos de fundações e obras de terras. Os tipos de obras mais comuns são de represamento, escavações, rodoviárias, fundações e rodoviárias.

Todavia, devemos ter atenção também na Topografia do local. A topografia

além de prever cortes e aterros ou execução de sondagens em encostas, é um espelho da geologia e da geomorfologia do terreno, influenciando assim no método de prospecção.

Podemos citar também a Geologia do local. A geologia do local influencia muito nos métodos de prospecção, porque para cada material e cada profundidade a atingir, existe uma técnica e um equipamento específicos.

E não menos importantes que os fatores anteriormente citados, vale observar as estruturas construídas. Em alguns casos, torna-se muito importante a observação das estruturas construídas próximas ao local a ser examinado, porque os seus comportamentos refletem bem a natureza do solo que as suportam e a adequação das fundações adotadas, no passado, eliminando ou sugerindo um determinado tipo de prospecção.

2.3 SONDAgens

2.3.1 SONDAGEM SPT

Consiste na cravação de um amostrador padrão com diâmetro de 5cm, com coleta simultânea de amostra, sob o impacto de um pilão de 65kg que cai de 75cm de altura. Utiliza equipamento manual – tripé com sarilho – operado por três pessoas ou equipamento mecânico motorizado. Além das amostras fornece importante índice de resistência, o SPT.

Esse tipo de sondagem é aplicável a quase todas as obras da Engenharia Geotécnica e de Fundações, Barragens, Túneis, Pavimentação, Escavações, Viadutos e Pontes. Alcança até 40m de profundidade e perfura até solos compactos.

Utilizamos os seguintes equipamentos: Tripé de Sondagem, bomba d'água, amostradores e hastes.

CARACTERIZAÇÃO:

- Crava barrilete amostrador padrão, com diâmetro externo de 5cm e interno de 3,4cm.
- Cravado sob impacto de pilão de 65 kg que cai de 75 cm de altura
- Retira amostras Deformadas (amolgadas)
- Mede – índice de resistência SPT - número do golpes para uma penetração final de 30 cm após penetração inicia de 15 cm
- Limitado ao impenetrável a percussão e profundidade máxima de 40 m Prof. ótima até 10m; Boa até 20m; Profunda até 30m; Muito Profunda até 40m.
- Avanço, após o impenetrável através do Cone Dinâmico - DCPT, de lavagem e/ou Rotativa
- Em terrenos instáveis, utilizar tubo revestimento com $f_e=6,25$.
- Avança abaixo do lençol Freático.

VANTAGENS:

- Rápida e Barata
- Fornece Índice de Resistência
- Colhe amostra

DESVANTAGENS:

- Cravação dinâmica (não simula o comportamento estático das obras como é o caso do cone CPT).
- Colhe somente amostra de amolgadas, permitindo somente ensaios de caracterização.

2.3.2 SONDAGEM ROTATIVA

Consiste na perfuração das rochas e solos muito resistentes através de sondas rotativas, utilizando-se composições (barriletes, revestimentos e hastes) acoplada a bomba de circulação de água, para refrigerar a coroa cortante e retirar detritos e pó da rocha.

A Sondagem Rotativa é aplicada principalmente na coleta de amostras para

Barragens, Túneis e Pontes, e obras de Mineração, e no avanço de sondagens a percussão além do impenetrável.

Utilizamos os seguintes equipamentos: Sonda Rotativa, tripé ou torre, bomba d'água, composições de revestimentos, barriletes amostradores, coroa, sapatas, alargadores, hastes, etc.

CARACTERIZAÇÃO:

- Perfura Rochas e Solos duros em furos com diâmetro até 5"
- Recupera amostras de rochas e solos utilizando-se barriletes especiais.
- Fornece o fator de recuperação FR e/ou RDQ. Rock Quality Designator.
- Sem limites de profundidade.

VANTAGENS:

- Perfura e retira amostras de rochas.
- Perfura abaixo do impenetrável ao SPT
- Permite execução de sondagem Mista SPT/BW.

DESVANTAGENS:

- Exige equipamentos e mão de obra qualificada.
- Não mede índice de resistência.

2.4 QUANTIDADE E LOCAÇÃO DOS FUROS

A determinação do número e locação dos furos de sondagem depende de vários fatores, tais como: tipo da obra, tipo do solo, valor da obra, pressão transmitida ao terreno etc.

Neste capítulo vamos tratar da programação para prospecção do subsolo - Número de furos e profundidade com o objetivo principal de fornecer subsídios para o projeto e execução de fundações.

Fixou-se em dois o número mínimo de furos, na tentativa de se obter o perfil geotécnico de um subsolo.

As sondagens devem ser, no mínimo, de um furo para cada 200 m² até 1.200 m² da área da projeção em planta do edifício. Entre 1.200 metros quadrados e 2.400 m² deve-se fazer uma sondagem para cada 400 m². Acima de 2.400 m² o número de sondagem deve ser fixado de acordo com cada plano particular do projeto. Em quaisquer circunstâncias o número mínimo de sondagem será:

- 2 para área da projeção em planta do edifício até 200 m²;
- 3 para área entre 200 e 400 m².

Tabela 2.9 - Número de furos. (BERBERIAN, 1986).

Número de Furos	Área projetada
02	0 a 200 m ²
03	200 a 400 m ²
04	400 a 600 m ²
05	600 a 800 m ²
06	800 a 1000 m ²
07	1000 a 1200 m ²
08	1200 a 1600 m ²
09	1600 a 2000 m ²
10	2000 a 2400 m ²
A Critério	Acima de 2400m ²

Nos casos em que não houver uma definição previa das posições dos furos de sondagem, o número de furos deve ser fixado de forma que a distância máxima entre elas seja de 100m, com um mínimo de três furos.

A norma brasileira NBR 8036 (1983) não faz referência ao número de furos quando a obra é linear em planta (cortinas, muro de arrimo, etc). A prática da engenharia recomenda no caso de perfis simples ou regulares (onde as camadas são aproximadamente paralelas) espaçamento até 50 cm.

As sondagens devem ser localizadas em planta, obedecendo aos seguintes critérios:

- Na fase de estudos preliminares, as sondagens devem ser igualmente distribuídas

em toda área; na fase de projeto podem-se localizar as sondagens de acordo com critério específico que leve em conta pormenores estrutural.

- Quando o número de sondagens for superior a três, elas não deverão ser distribuídas ao longo de um mesmo alinhamento.

Sempre que possível, os furos de sondagens devem ficar nos limites do terreno (no perímetro), para evitar extrapolações no traçado das secções do subsolo. Furos executados em linha reta só deverão ser efetuados em casos especiais de túneis, barragens, estradas, etc.

No caso particular de dois furos, eles deverão ser localizados em uma diagonal da área, para que assim possam conhecer a formação do terreno nos dois sentidos: transversal e longitudinal, como mostra o exemplo da Fig 6. Os bons projetistas normalmente estudam uma obra por zonas geológicas, dividindo-a segundo as mediatrizes entre furos contíguos (zonas geológicas).

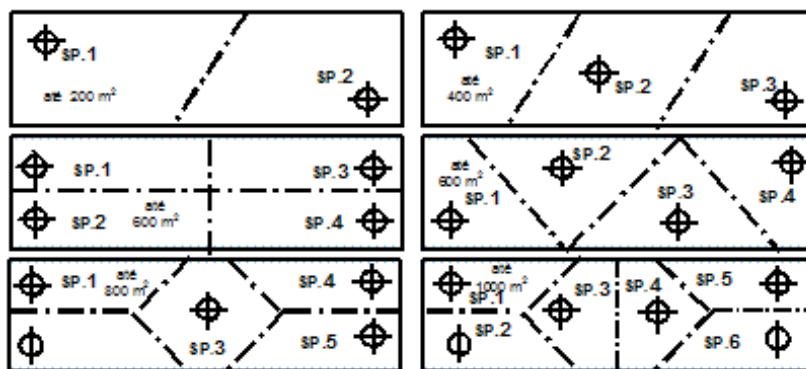


Figura 2.6 - Disposição recomendada para furos de sondagens. (BERBERIAN, 1986).

2.5 FUNDAÇÕES MAIS USUAIS

2.5.1 CONCEITO

Na Engenharia Civil, chamamos de fundação todos os elementos estruturais que tem por função receber as cargas de uma edificação e transferi-la ao solo.

Geralmente recebem as cargas da estrutura através dos pilares, porém podem também recebê-las de paredes estruturais. A fundação é de suma importância para a estabilidade das edificações.

2.5.2 CLASSIFICAÇÃO DAS FUNDAÇÕES

As fundações são classificadas em: Fundações Superficiais e Fundações Profundas.

2.5.2.1 FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS

São aquelas localizadas em camadas próximas a superfície em que a profundidade de assentamento em relação ao terreno, não ultrapasse a duas vezes a menor dimensão da fundação (NBR 6122/2010). Geralmente as cargas são transferidas para o solo apenas pela distribuição de pressão sob a superfície da sua base. Podem ser:

- Contínuas: Quando uma das dimensões da base se estende em uma direção e recebem carregamentos distribuídos ou de vários pilares.

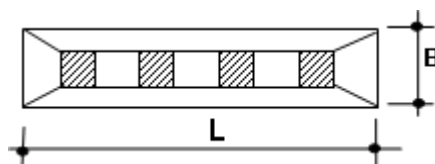


Figura 2.7 – Sapata Corrida. (BERBERIAN, 1986).

- Isoladas: Quando as dimensões da base têm valores próximos entre si e trabalham com carregamentos pontuais, geralmente de apenas um pilar.

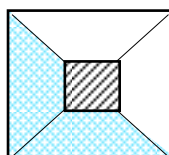


Figura 2.8 – Sapata isolada. (BERBERIAN, 1986).

Neste contexto, as sapatas isoladas e contínuas subdividem em:

- Rígidas: Quando a sua altura possui dimensões próxima às das bases.
- Semiflexíveis: Quando a sua altura é consideravelmente inferior às dimensões da sua base.

2.5.2.2 FUNDAÇÕES PROFUNDAS

As fundações profundas são aquelas que ficam distantes da superfície com profundidade superior ao dobro da menor dimensão e não inferior a 3,0 metros. Trabalham transmitindo cargas da estrutura para o solo pela sua ponta (base), e/ou por atrito lateral. Portanto, são enquadradas todas as estacas e tubulões.

Estacas podem ser classificadas:

A) Material

- Concreto pré-moldado
- Concreto Moldada "in loco"
- Estacas de aço
- Estacas de madeira
- Estacas Mistas

B) Processo executivo

- Percussão

Estacas pré-moldadas são cravadas no solo através de golpes de martelo de "gravidade" ou de "explosão" de vapor, de diesel ou ar comprimido.

- Prensagem

Estacas são introduzidas no terreno através de pressão estática por macaco hidráulico.

- Escavada (com ou sem injeção)

O processo executivo é efetuado por escavação mecânica do terreno, com uso ou não de lama betonítica com revestimento total ou parcial, perdido ou não, e posterior concretagem.

- Vibração

Este processo de cravação de estacas metálicas se dá através de um martelo dotado de garras, com massa excêntrica que, girando rapidamente, transmite à estaca uma vibração de alta frequência, permitindo tanto à cravação como a remoção de estacas de escoramentos provisória. Processo muito restrito devido aos problemas causados nas obras vizinhas.

C) Quanto à utilização

- Estacas de tração
- Estacas de contenção
- Estacas de reforço
- Estacas de compactação
- Estacas de sustentação

Tubulões são classificados em função de seu processo executivo, podem ser:

A) Quanto à escavação

- Escavados a céu aberto
- Escavado a ar comprimido

B) Quanto ao revestimento

- Não revestidos
- Revestido com camisas metálicas
- Revestidos com camisa de concreto

2.5.3 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento das fundações pode ser definido pelos seguintes métodos:

A) Teóricos

A capacidade de carga das fundações é determinada por meio de teorias desenvolvidas na mecânica dos solos, baseada em características de compressibilidade e resistência ao cisalhamento, além de outros parâmetros dos

solos, ainda por análise de recalques (deformações). É primeiramente calculada a capacidade de carga de ruptura, que deve ser dividida por um fator de segurança estabelecido pela teoria utilizada, para se obter a capacidade de carga admissível para a fundação.

B) Semi-empírico

As propriedades e parâmetros dos solos são estimados através de correlações empíricas e depois, utilizadas em teorias da mecânica dos solos, devidamente adaptadas para levar em consideração o empirismo dos dados.

C) Empírico

A capacidade de carga admissível da camada de fundação é estimada diretamente, baseada apenas em dados como classificação e grau de compactação ou consistência do solo, muito usada na concepção inicial de projeto, geralmente fornecido através de tabelas.

Vários autores se destacaram na apresentação de Métodos empíricos para o cálculo da capacidade de carga de estacas. Estes métodos adquiriram uma grande popularidade no meio técnico. Apresenta-se aqui somente um resumo dos principais métodos.

Método 1: Pedro Paulo Costa Veloso

Pedro Paulo desenvolveu em 1982 um método semi-empírico para cálculo da capacidade de suporte de estacas, baseado nas experiências realizadas com o Diepsondering, e por correlação direta (na falta do CPT) com dados do SPT.

Na análise desenvolvida por Pedro Paulo admite-se não ocorrer atrito negativo no fuste da estaca e nem camadas mais compressíveis abaixo da ponta da estaca.

Considerou-se que: $R = R_p + R_L$

Parcela Lateral

$$R_L = A_L \cdot F_e \cdot F_c \cdot \sum (a \cdot N_{72b})$$

$$R_L = F_c \cdot F_e \cdot \sum fsi \cdot A_{Li}$$

$$fsi = c \cdot N72d$$

Parcela de Ponta

$$R_P = F_c \cdot F_b \cdot q_r \cdot A_b$$

$$rr = a \cdot N72b$$

$$R_r = R_L + R_p, \quad Ra = R_r / 2,5 \quad FS = 2,5$$

Onde:

N72 - adm - média das médias dos N72 acima e abaixo da ponta de estaca.

N72 - acima - média dos N72, 8B acima da ponta.

N72 - Abaixo - média dos N72, 3,5 B abaixo da estaca.

Ponta:

a – t/m² - para areias sedimentares 60

a – t/m² - para Argilas sedimentares 25

a – t/m² - para areno-siltoso residual 50

a – t/m² - Silto-Arenoso residual 40

A_l – m² - área lateral da estaca em camada distinta.

F_e – adm - fatores de influência do tipo de estaca.

F_e – 1,0 – estacas de deslocamento.

F_e – 0,5 – Estacas escavadas.

F_c – Adm – Fator de carregamento.

F_c – 1,0 - para estacas comprimidas.

F_c – 0,7 – Para estacas tracionadas

F_b – Adm – Fator de dimensão de base.

F_b > 0,2

F_b = 1,016 – 0,016.(B/0,036)

F_b = 0, para estacas tracionadas (B=D).

B, D – m – Diâmetros da base e do fuste da estaca.

C_a – m - cota de arrasamento da estaca.

A_p – m² - área da ponta da estaca.

Aplicar Fator de segurança = 2,5

Método 2: Aoki / Velloso

Aoki e Velloso apresentaram uma formulação semi.empírica para o cálculo da capacidade de Carga de Estacas, baseando-se nas considerações dadas abaixo:

$$R_T = R_P + R_L \text{ onde,}$$

R_T – t - Carga de Rutura da Estaca (sob o ponto de vista geotécnico)

R_P – t - Carga de Rutura da Ponta

R_L – t - Carga de Rutura Lateral

$$R_P = A_p \frac{K \cdot N_{72}}{F_p} \quad \text{Substituindo } (\alpha \text{ de Aoki}) \text{ por } R_a, \text{ que é a Relação de Atrito.}$$

$$R_a = f_s/q_s$$

$$R_L = A_L \frac{R_a \cdot K \cdot N_{72}}{F_L}$$

A_p - m² - Área da ponta ou base da estaca

N_{72} – adm - Número de golpes necessários à cravação de 30 cm do amostrador padrão SPT. Neste Método $N_{72} \leq 40$

K - t/m² - Coeficiente de correlação entre a resistência de ponta R_p do Cone (Diepsonderingen) e o número de golpes SPT.

R_a – adm - Fator de correlação entre a resistência de ponta, resistência lateral e o tipo de solo, Bengemam (1965), dado na Tab. 6.5.3

F_P, F_L – adm - Fatores de correção devido ao efeito da escala, gerado pela diferença entre as geometrias do Cone e da Estaca Menzenbach (1961) e Schenk (1966).

A_L - m² - Área lateral da estaca em cada camada, ou por metro de estaca.

Assim sendo a Capacidade de Carga da Estaca na Rutura pode ser dada por:

$$R_T^r = \frac{K \cdot N_{72}^p}{F_p} A_p + \frac{R_a \cdot K \cdot N_{72}^L}{F_L} A_L$$

A carga admissível da estaca, ou seja, aquela a ser utilizada no projeto, será obtida aplicando-se a carga de rutura R^r , um fator de segurança.

$$R_a = R_r / F_S, \text{ os autores recomendam } F_S = 2,0.$$

Nas estacas escavadas $R_p \leq 0,20 R_t$

Aoki e Velloso elaboraram seu modelo de cálculo baseados na experiência

européia na qual as resistências de ponta e lateral da estaca são obtidas diretamente das resistências obtidas no cone, dividindo-os, por apropriados fatores de escala (FP e FL), obtidos experimentalmente. Os autores transpuseram o SPT para resistência de ponta do cone multiplicando qc pelo fator de correlação K. Para transpor o SPT para resistência lateral, multiplicaram a resistência de ponta KN72 pelo fator α (Ra) proposto por Begemman.

Parâmetros de Cálculo

Os valores de SPT são obtidos através da Sondagem a Percussão Standart, conforme prescreve a NBR 6484 (2001). Ver também Berberian (2004), quando propõe não considerar o primeiro metro no cálculo da parcela do atrito lateral. E alguns pesquisadores recomendam desprezar também o ultimo metro imediatamente acima da ponta, uma vez que nesta região a superfície de ruptura não passa pelo fuste e mesmo porque este SPT já estará sendo considerado no cálculo da parcela da ponta. Para o cálculo da parcela lateral, o valor de SPT bem como o tipo (classificação) do solo deverão ser obtidos em cada camada, ao longo do fuste da estaca. Entende-se, para efeito de cálculo, que, uma camada é aquela que apresenta o mesmo SPT (mesma resistência a penetração) e o mesmo tipo de solo.

Para o cálculo da parcela da ponta. Berberian propõe que o N72 (SPT) seja tomado como sendo a média dos SPTs 1 metro acima e 1 metro abaixo da ponta.

ROTEIRO DE CÁLCULO

1. Obtenção do SPT e Características do Solo (Tabela 2.10).
2. Obtenção de K e Ra (Tabela 2.11).
3. Para obtenção de R_L da estaca, soma-se os valores de RL_i encontrados em cada camada, ou seja.

$$R_L = \frac{1}{F_L} \sum A_L \cdot Ra \cdot K \cdot N_{72}$$

Tabela 2.10 – Classificação dos solos USCS/BERBERIAN . (BERBERIAN, 1986)

Tipos de Solo	Intensidade de Mistura	Plasticidade
C. Argila	3. Mto. Pouco (lixo)	L. Baixa Plasticidade
M. Silte	4. Pouco	
S. Areia	5. Medianamente	H. Alta Plasticidade
G. Pedregulho	6. Muito	
L. Argila Laterítica Porosa.	7. Demasiadamente	I. Plasticidade Intermediária
K. Argila Kaolínica		

Tabela 2.11 – Valores de KAV e α AV segundo Aoki/Velloso, C segundo Quaresma, K_{Base} segundo Berberian. ($1 \text{ t/m}^2 = 0,1 \text{ kg/cm}^2 = 10 \text{ kPa}$). (BERBERIAN, 1986)

SOLO	*Clas Berb.	Clas Berb.	Clas USCS	**Clas Aok/Ve	kAV t/m ²	α AV adm	CD t/m ²	kBASE Kg/cm ²
Areia (Sand)	S	1	S	100	100	0,014	40	5,4
Areia Mto Pouco Siltosa	S3M	2	SM	120	80	0,016	37	5,1
Areia Pouco Siltosa	S4M	3	SM	120	84	0,018	35	6,0
Areia Siltosa	S5M	4	SM	120	80	0,020	32	6,1
Areia Muito Siltosa	S6M	5	SM	120	75	0,022	30	5,9
Areia Silto Argilosa	SMC	6	SMC	123	70	0,024	27	5,9
Areia Mto Pouco Argilosa	S3C	7	SC	132	60	0,028	25	6,2
Areia Pouco Argilosa	S4C	8	SC	130	58	0,028	22	5,4
Areia Argilosa	S5C	9	SC	130	60	0,030	26	6,4
Areia Muito Argilosa	S6C	10	SC	130	50	0,030	18	7,9
Areia Argilo Siltosa	SCM	11	SCM	130	50	0,028	15	6,4
Silte (Mó)	M	12	M	200	40	0,030	25	5,4
Silte Muito Pouco Arenoso	M3S	13	MS	210	45	0,028	28	4,2
Silte Pouco Arenoso	M4S	14	MS	210	50	0,025	26	5,1
Silte Arenoso	M5S	15	MS	210	55	0,022	30	5,9
Silte Muito Arenoso	M6S	16	MS	210	60	0,020	32	5,1
Silte Areno Argiloso	MSC	17	MC	213	45	0,028	30	5,8
Silte Muito Pouco Argiloso	M3C	18	MC	230	38	0,030	25	5,4
Silte Pouco Argiloso	M4C	19	MC	230	30	0,032	16	6,2
Silte Argiloso	M5C	20	MC	230	23	0,034	18	5,5
Silte Muito Argiloso	M6C	21	MC	230	20	0,036	14	6,5
Silte Argilo Arenoso	M5C5S	22	MCS	231	25	0,030	14	5,6
Argila (Clay)	C	23	C	300	20	0,060	12	6,6
Argila Mto Pouco Arenosa	C3S	24	C5	310	25	0,048	18	5,2
Argila Pouco Arenosa	C4S	25	CS	310	30	0,036	22	5,5
Argila Arenosa	C5S	26	CS	310	35	0,024	26	5,3
Argila Muito Arenosa	C6S	27	CS	310	40	0,014	28	5,8
Argila Areno Siltosa	C5S5M	28	CSM	312	30	0,028	20	5,1
Argila Mto Pouco Siltosa	C3M	29	CM	320	20	0,052	14	6,1
Argila Pouco Siltosa	C4M	30	CM	320	21	0,046	16	5,5
Argila Siltosa	C5M	31	CM	320	22	0,040	18	6,3
Argila Muito Siltosa	C6M	32	CM	320	23	0,034	19	6,5
Argila Silto Arenosa	CMS	33	CMS	321	33	0,030	20	5,7

Turfa	Pt	34	Pt	-	00	0,0	8	0,0
-------	----	----	----	---	----	-----	---	-----

4. Obtenção da Capacidade de Ponta R_P

Para se considerar o efeito do embebedimento da ponta dentro da camada de apoio, bem como do efeito do bulbo de pressões abaixo da ponta, recomenda-se considerar para resistência ao nível da ponta αP , os valores médios obtidos a um metro acima e a um metro abaixo da ponta da estaca.

$$K_i = (K_i - 1 + K_{i+1}) / 3$$

A obtenção da parcela de ponta R_P , é feita aplicando-se a fórmula:

$$R_P = A_P \frac{K \cdot N_{72}}{F_P}$$

Estando a estaca implantada na interface entre duas camadas bastaria tomar os parâmetros na camada acima e abaixo da ponta.

Toma-se como área da ponta igual à área da projeção do fuste da estaca.

5. Obtenção dos parâmetros F_P e F_L .

Os valores de F_P e F_L Foram obtidos pelos autores, com base na análise dos resultados de provas de carga sobre centenas de estacas (Tabela 2.12)

Conforme observação anterior, R_R , R_L e R_P são cargas limites e correspondem à ruptura do solo.

A resistência admissível do solo é obtida aplicando-se à carga de ruptura um coeficiente de segurança F_s .

$$F_s = 2,0$$

$$R_a = R_R / 2$$

Tabela 2.12 – Fatores F_P e F_L Aoki/Velloso e vários autores. (BERBERIAN, 1986).

Tipo de estaca	Aoki Velloso		Monteiro		La-provitera		Berberian	
	F_P	F_L	F_P	F_L	F_P	F_L	F_P	F_L
Franki de fuste apilado	2,5	5,0	2,3	3,0	2,5	3,0	2,4	4,0
Franki de fuste vibrado	-	-	2,3	3,2	-	-	2,4	4,2
Perfis metálicos cravados	1,75	3,5	1,75	3,5	1,7	3,0	2,0	3,2
Pré-moldada de concreto cravada a percussão	1+1,2D	2Fp	2,5	3,5	2,0	3,5	1+1,25D	1,75 +2,19D

Escavada mecan.sem lama	3,0	2Fp	-	-	-	-	4,0	4,6
Mega de concreto prensada	-	-	1,2	2,3	-	-	1+1,25D	1,75 +2,19D
Escavada com lama bentonítica (Estação)	-	-	3,5	4,5	4,5	4,5	3,5	5,0
Escavada (Barrete)	3,0	6,0	-	-	-	-	4,5	5,0
Raiz	2,0	2Fp	2,2	2,4	-	-	2,8	2,4
Strauss	-	-	4,2	3,9	-	-	4,0	3,0
Solo.Cimento Plástico e Broca	-	-	-	-	-	-	3,0	5,0
Hélice contínua	2,0	2Fp	3,0	3,8	-	-	3,0	3,8
D em metros	-	-						

Método 3: Décourt / Quaresma (1982)

O método está dentro do grupo de métodos semi.empíricos por não estar ligado a nenhuma base teórica ou paramétrica.

Este método foi desenvolvido baseado na larga experiência dos autores e tem apresentado bons resultados práticos.

Estacas calculadas pelo método Décourt/Quaresma, apoiado somente no SPT tem quando comparadas com provas de cargas, apresentado resultados bastante satisfatórios.

Considera-se neste método:

SPT $3 \leq N_{72} \leq 50$

SPT ≤ 3 toma-se $N_{72} = 3$

SPT ≥ 50 toma-se $N_{72} = 50$

Este método também considera válida a superposição das parcelas de ponta e lateral.

$$R_T^r = R_L^R + R_P^R$$

$$R_T^a = \frac{R_L^R}{1,3} + \frac{R_P^R}{4,0} \quad R_T^a \leq R_T^r / 2 \quad R_T^a \leq R_{CONC}$$

Sendo:

$$R_L = r_L \cdot A_L$$

$$r_L = (SPT / 3) + 1 \text{ K}_L \text{ em t/m}^2$$

$$r_L = 10 (SPT / 3) + 1 \text{ K}_L \text{ em KN/m}^2$$

SPT - Valor médio do N_{72} ao longo do fuste ou de cada camada, se o cálculo for feito

por camada.

r_L - t/m² - *Atrito unitário lateral*

Esta expressão é válida para todos os solos.

Nas estacas escavadas (Strauss, Hélice, Raiz, Estação, Escavada Mecanicamente, Broca, etc), a resistência de ponta não pode ser maior que 20% da carga de trabalho da estaca. A resistência admissível de projeto também não pode ser maior do que 50% da resistência total do solo na ruptura e nem maior do que a resistência admissível do concreto.

No cálculo da parcela lateral despreza-se a contribuição do primeiro metro e também não se considera o SPT um metro acima da ponta, já utilizado no cálculo da resistência de ponta.

Parcela de Ponta

$$R_P = r_p \cdot A_p$$

$r_p = K_P \cdot C_D \cdot N_{72}$ r_p médio ao nível da ponta da estaca (imediatamente acima e imediatamente abaixo).

$R_p - t$ - *Carga de ruptura do solo na ponta da estaca.*

r_p - t/m² - *Tensão de ruptura ao nível da ponta.*

C_D - t/m² - *Fator de correlação dado na **Tabela 2.11***

Quando a ruptura não é claramente definida, considera-se a ruptura convencional, definida como sendo a carga que produz um recalque vertical no topo das estacas igual a 10% do seu diâmetro quando cravadas (de deslocamento). No caso de estacas escavadas (sem deslocamento) considera-se 10% para estacas em argilas e 30% em areias.

Fórmula Geral

$$R_T^r = K_p \cdot r_p \cdot A_p + K_L \cdot r_L \cdot A_L \qquad R_T^r = K_p \cdot C_D \cdot N_{72} \cdot A_p + K_L (N_{72} / 3) + 1 \cdot A_L$$

Os valores adimensionais de K_P e K_L (Décourt) sugeridos para os diversos tipos de estacas são dados na Tabela 2.13, interpolados por Berberian, para facilitar

a programação eletrônica. Para as pré-moldadas (estacas de deslocamento) de referencia, K_P e K_L para todos os solos são iguais a 1,0.

Tabela 2.13 - Valores de C_D , K_{LD} e K_{PD} : Método de Décourt/Quaresma. (BERBERIAN, 1986).

SOLO	Clas. Berb	CD t/m ²	Straus Escav. em Geral		Escav. Bent.		Hélice Cont		Raiz*		Micro-Est.		Solo Cimento Plastico	
		C_D	K_P	K_L	K_P	K_L	K_P	K_L	K_P	K_L	K_P	K_L	K_P	K_L
Areia	1	40	0,65	0,50	0,50	0,60	0,30	1,00	0,50	1,50	1,00	3,00	-	-
Areia Mto Pco Siltosa	2	37	0,52	0,54	0,52	0,62	0,30	1,00	0,52	1,50	1,00	3,00	-	-
Areia Pouco Siltosa	3	35	0,58	0,50	0,55	0,65	0,30	1,00	0,53	1,50	1,00	3,00	-	-
Areia Siltosa	4	32	0,55	0,58	0,55	0,70	0,30	1,00	0,55	1,50	1,00	3,00	-	-
Areia Muito Siltosa	5	30	0,56	0,60	0,57	0,72	0,30	1,00	0,57	1,50	1,00	3,00	-	-
Areia Silto Argilosa	6	27	0,58	0,62	0,58	0,75	0,30	1,00	0,65	1,50	1,00	3,00	-	-
Areia Mto Pco Argilosa	7	25	0,62	0,64	0,60	0,74	0,30	1,00	0,70	1,50	1,00	3,00	-	-
Areia Pouco Argilosa	8	22	0,64	0,66	0,64	0,78	0,30	1,00	0,75	1,50	1,00	3,00	-	-
Areia Argilosa	9	26	0,68	0,70	0,68	0,80	0,30	1,00	0,80	1,50	1,00	3,00	-	-
Areia Muito Argilosa	10	18	0,70	0,70	0,70	0,85	0,30	1,00	0,85	1,50	1,00	3,00	-	-
Areia Argilo Siltosa	11	15	0,68	0,68	0,65	0,75	0,30	1,00	0,57	1,50	1,00	3,00	-	-
Silte	12	25	0,60	0,65	0,60	0,75	0,30	1,00	0,60	1,50	1,00	3,00	0,60	0,60
Silte Mto Pco Arenoso	13	28	0,58	0,63	0,60	0,72	0,30	1,00	0,64	1,50	1,00	3,00	0,64	0,62
Silte Pouco Arenoso	14	26	0,57	0,61	0,59	0,70	0,30	1,00	0,68	1,50	1,00	3,00	0,68	0,64
Silte Arenoso	15	30	0,56	0,59	0,58	0,68	0,30	1,00	0,78	1,50	1,00	3,00	0,78	0,66
Silte Muito Arenoso	16	32	0,55	0,57	0,55	0,65	0,30	1,00	0,80	1,50	1,00	3,00	0,80	0,68
Silte Areno Argiloso	17	30	0,56	0,60	0,70	0,75	0,30	1,00	0,80	1,50	1,00	3,00	0,80	0,65
Silte Mto Pco Argiloso	18	38	0,62	0,65	0,79	0,77	0,30	1,00	0,68	1,50	1,00	3,00	0,68	0,65
Silte Pouco Argiloso	19	16	0,64	0,70	0,80	0,78	0,30	1,00	0,72	1,50	1,00	3,00	0,72	0,70
Silte Argiloso	20	18	0,66	0,60	0,81	0,80	0,30	1,00	0,78	1,50	1,00	3,00	0,78	0,76
Silte Muito Argiloso	21	14	0,70	0,65	0,83	0,83	0,30	1,00	0,80	1,50	1,00	3,00	0,80	0,78
Silte Argilo Arenoso	22	14	0,70	0,60	0,84		0,30	1,00	0,80	1,50	1,00	3,00	0,80	0,78

Para estacas pré-moldadas todos $K_P = K_L = 1.0$

SOLO	Clas. Berb	CD t/m ²	Straus Escav. em Geral	Escav. Bent.	Hélice Cont	Raiz*	Micro-Est.	Solo Cimento Plastico
------	------------	------------------------	------------------------------	-----------------	----------------	-------	------------	-----------------------------

		C _D	K _P	K _L	K _P	K _L	K _P	K _L	K _P	K _L	K _P	K _L	K _P	K _L
Argila	23	12	0,85	0,80	0,85	0,90	0,30	1,00	0,85	1,50	1,00	3,00	0,85	0,80
Argila Mto Pco Arenosa	24	18	0,83	0,70	0,76	0,85	0,30	1,00	0,80	1,50	1,00	3,00	0,87	0,82
Argila Pouco Arenosa	25	22	0,80	0,66	0,74	0,76	0,30	1,00	0,75	1,50	1,00	3,00	0,88	0,84
Argila Arenosa	26	26	0,75	0,62	0,72	0,72	0,30	1,00	0,70	1,50	1,00	3,00	0,89	0,86
Argila Muito Arenosa	27	28	0,70	0,60	0,70	0,70	0,30	1,00	0,60	1,50	1,00	3,00	0,90	0,88
Argila Areno Siltosa	28	20	0,70	0,62	0,60	0,85	0,30	1,00	0,62	1,50	1,00	3,00	0,85	0,78
Argila Mto Pco Siltosa	29	14	0,69	0,64	0,82	0,86	0,30	1,00	0,64	1,50	1,00	3,00	0,80	0,74
Argila Pouco Siltosa	30	16	0,69	0,66	0,81	0,84	0,30	1,00	0,66	1,50	1,00	3,00	0,75	0,70
Argila Siltosa	31	18	0,68	0,68	0,79	0,82	0,30	1,00	0,68	1,50	1,00	3,00	0,70	0,65
Arila Muito Siltosa	32	19	0,65	0,70	0,77	0,80	0,30	1,00	0,70	1,50	1,00	3,00	0,65	0,62
Argila Silto Arenosa	33	20	0,64	0,80	0,70	0,75	0,30	1,00	0,70	1,50	1,00	3,00	0,85	0,60

3 MATERIAIS E METODOLOGIA

3.1 MATERIAIS

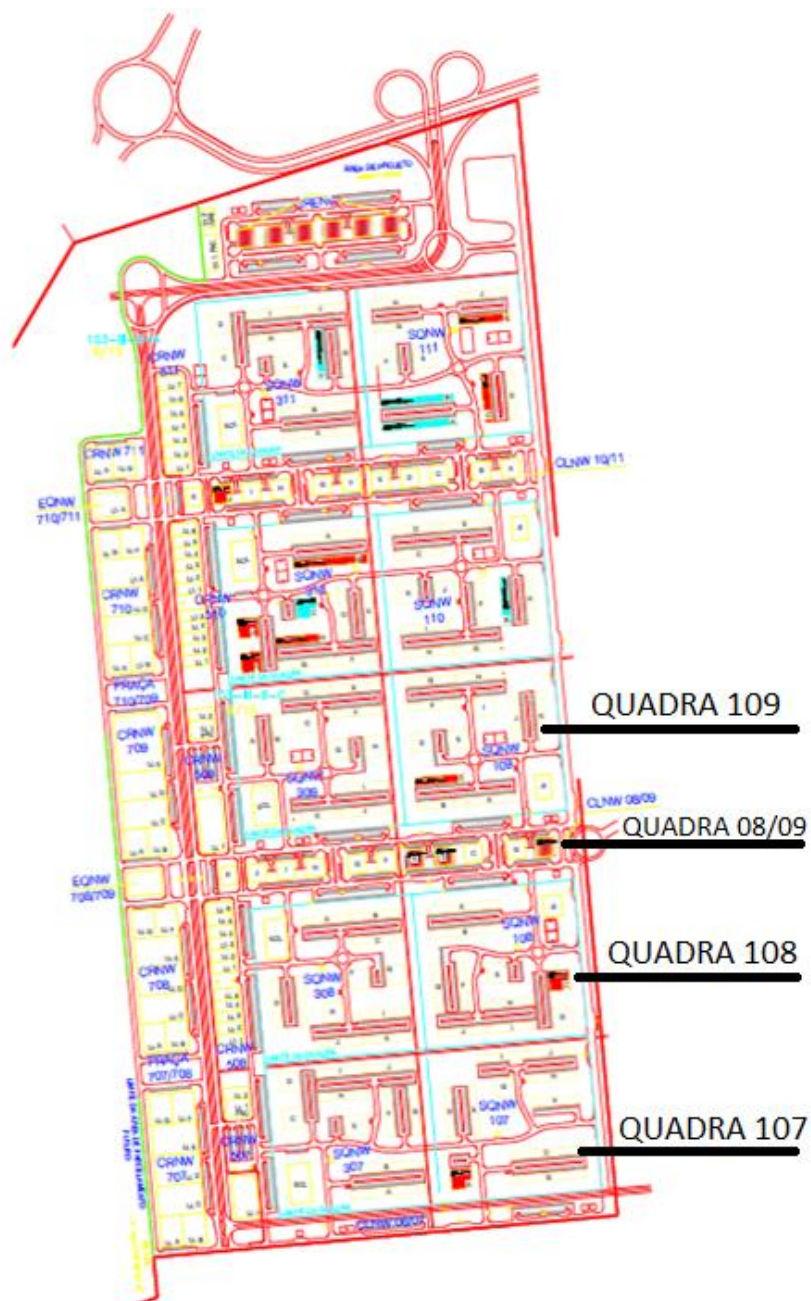


Figura 3.1 - Planta baixa Noroeste. (Arquivos FUNDEX/INFRASOLO)

Foi utilizado para dimensionamento o furo mais crítico, levando-se em consideração a sua profundidade e perfil geotécnico.

SONDAGEM QUADRA 107

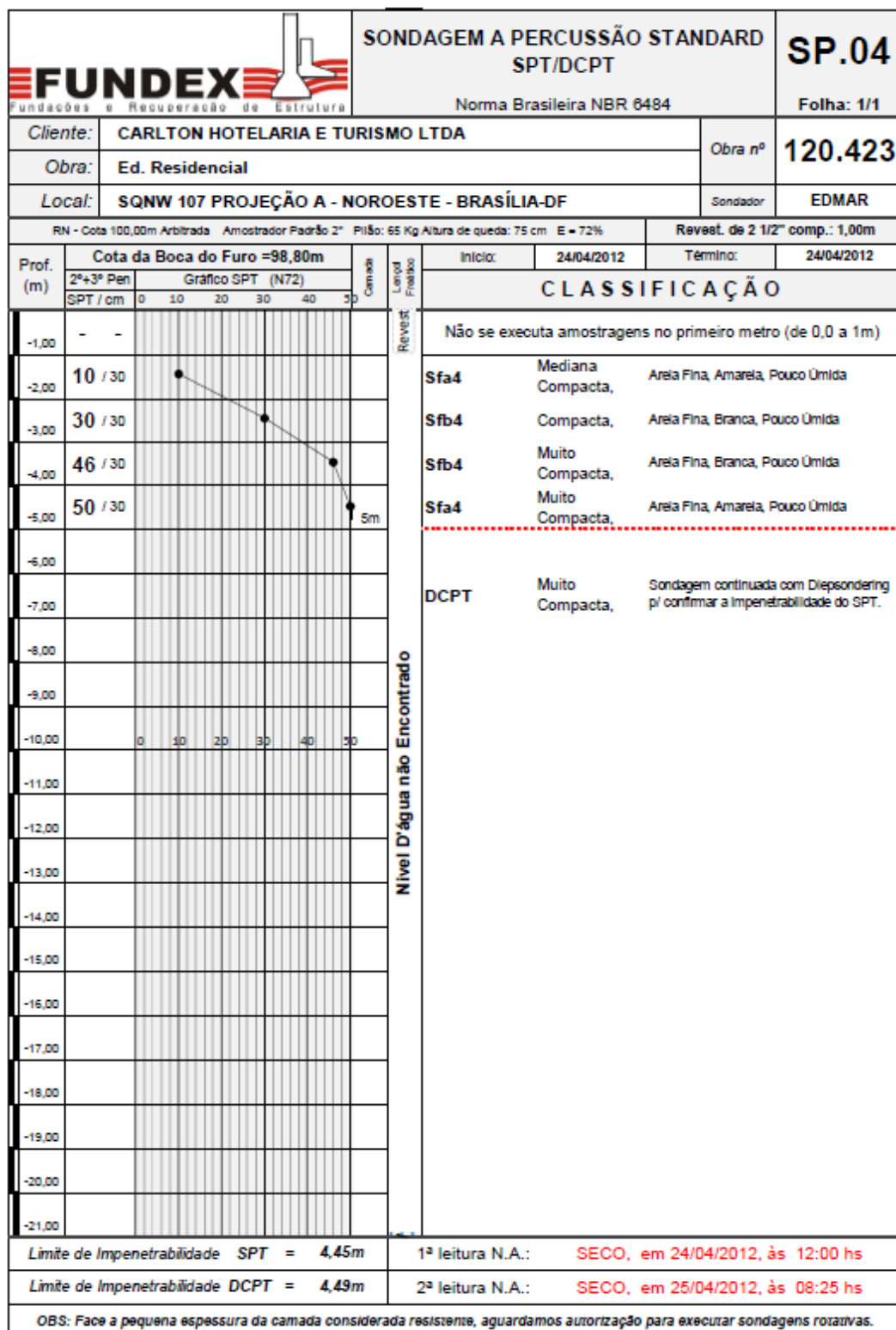


Figura 3.2 - SONDAGEM QUADRA 107. (Arquivos FUNDEX/INFRASOLO)

SONDAGEM QUADRA 108

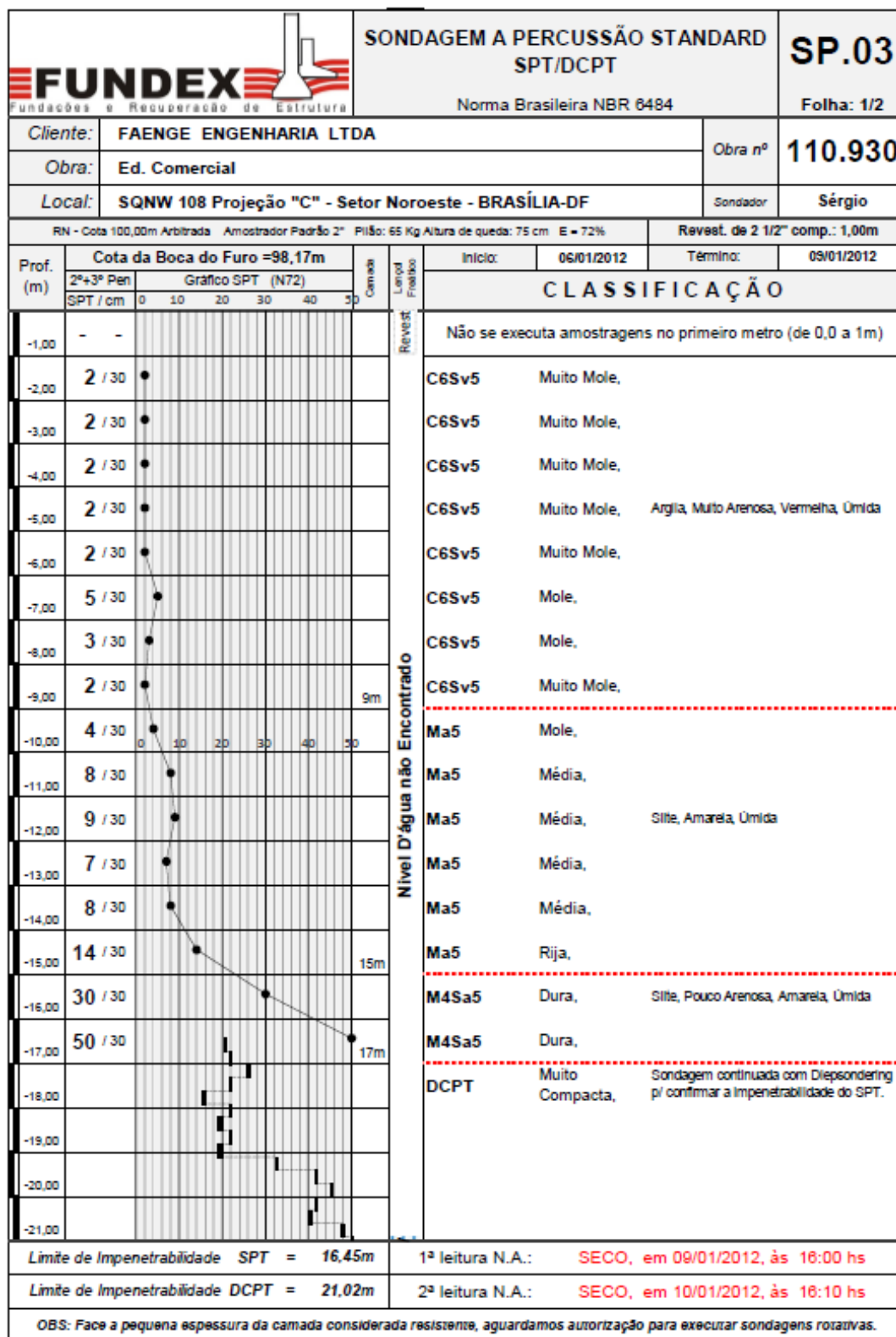


Figura 3.3 - Sondagem quadra 108. (ARQUIVOS FUNDEX/INFRASOLO)

SONDAGEM QUADRA 108/109


		SONDAGEM A PERCUSSÃO STANDARD SPT/DCPT				SP.04			
Norma Brasileira NBR 6484						Folha: 1/2			
Cliente:		ASSOCIAÇÃO IMOBILIÁRIA PLANALTO				Obra nº	121.013		
Obra:		Ed. Comercial							
Local:		CLNW 08/09 Lote A - Setor Noroeste - BRASÍLIA-DF				Sondador	MARCELINO		
RN - Cota 100,00m Arbitrada Amostrador Padrão 2" Pilião: 65 Kg Altura de queda: 75 cm E = 72%						Revest. de 2 1/2" comp.: 1,00m			
Prof. (m)	Cota da Boca do Furo = 102,10m					Início:	13/11/2012	Término:	14/11/2012
	2°+3° Pen	Gráfico SPT (N72)							
	SPT / cm	0	10	20	30	40	50	CLASSIFICAÇÃO	
-1,00	-	-						Não se executa amostragens no primeiro metro (de 0,0 a 1m)	
-2,00	2 / 30	•						C6Sv5	Muito Mole,
-3,00	2 / 30	•						C6Sv5	Muito Mole,
-4,00	2 / 30	•						C6Sv5	Muito Mole,
-5,00	2 / 30	•						C6Sv5	Muito Mole,
-6,00	2 / 30	•						C6Sv5	Muito Mole, Argila, Muito Arenosa, Vermelha, Úmida
-7,00	3 / 30	•						C6Sv5	Mole,
-8,00	3 / 30	•						C6Sv5	Mole,
-9,00	4 / 30	•						C6Sv5	Mole,
-10,00	4 / 30	•						C6Sv5	Mole,
-11,00	5 / 30	•						C5Sv5	Mole,
-12,00	8 / 30	•						C5Sv5	Média,
-13,00	9 / 30	•						C5Sv5	Média,
-14,00	11 / 30	•						C5Sv5	Rija,
-15,00	9 / 30	•						C5Sv5	Média,
-16,00	9 / 30	•						C5Sv5	Média,
-17,00	8 / 30	•						C5Sv5	Média,
-18,00	10 / 30	•						C5Sv5	Rija, Argila, Arenosa, Vermelha, Úmida
-19,00	9 / 30	•						C5Sv5	Média,
-20,00	10 / 30	•						C5Sv5	Rija,
-21,00	10 / 30	•						C5Sv5	Rija,
Limite de Impenetrabilidade SPT = 28,45m								1ª leitura N.A.: SECO, em 14/11/2012, às 12:00 hs	
Limite de Impenetrabilidade DCPT = 29,33m								2ª leitura N.A.:	
OBS: Face a pequena espessura da camada considerada resistente, aguardamos autorização para executar sondagens rotativas.									

Figura 3.4 - Sondagem Quadra 108/109. (ARQUIVOS FUNDEX/INFRASOLO)

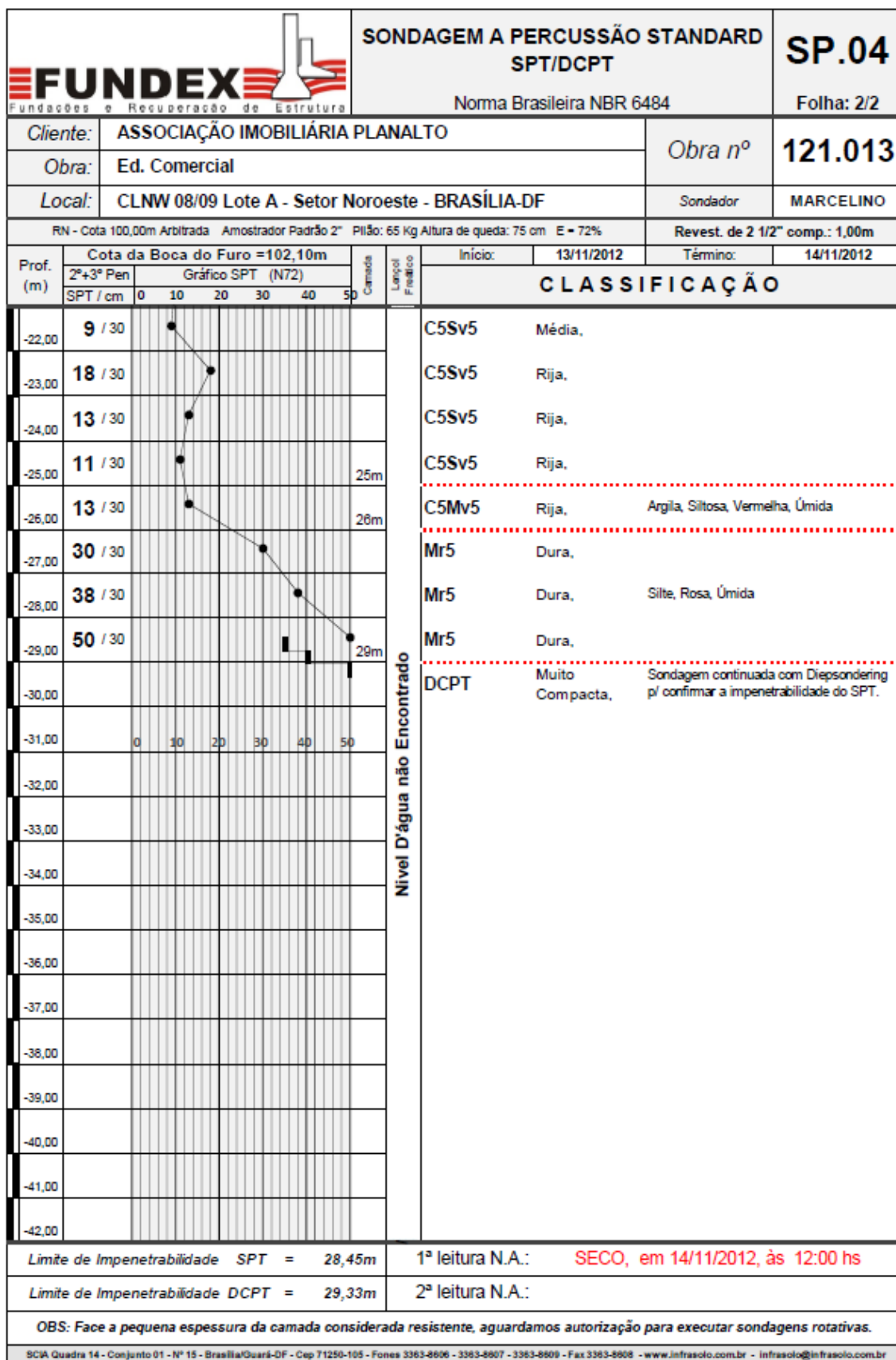


Figura 3.5 - Continuação Sondagem Quadra 108/109. (ARQUIVOS FUNDEX/INFRASOLO)

SONDAGEM QUADRA 109


 Fundações e Recuperação de Estrutura		SONDAGEM A PERCUSSÃO STANDARD SPT/DCPT Norma Brasileira NBR 6484				SP.05 Folha: 1/2					
Cliente: COOPERSEFE		Obra nº 120.410				Sondador: EDICARLOS					
Obra: Ed. Residencial											
Local: SQNW 109 Bloco "C" - Noroeste - BRASÍLIA		RN - Cota 100,00m Arbitrada Amostrador Padrão 2" Pilão: 65 Kg Altura de queda: 75 cm E = 72%				Revest. de 2 1/2" comp.: 1,00m					
Prof. (m)	Cota da Boca do Furo = 98,88m						Camada	Lançol Freadico	Revest	Início: 23/04/2012	Término: 23/04/2012
	2º+3º Pen		Gráfico SPT (N72)								
	SPT / cm		0	10	20	30					
-1,00	-	-								CLASSIFICAÇÃO	
										Não se executa amostragens no primeiro metro (de 0,0 a 1m)	
-2,00	2 / 30	•								C4Sv5	Muito Mole,
-3,00	2 / 30	•								C4Sv5	Muito Mole,
-4,00	2 / 30	•								C4Sv5	Muito Mole,
-5,00	2 / 30	•								C4Sv5	Muito Mole, Argila, Pouco Arenosa, Vermelha, Úmida
-6,00	2 / 30	•								C4Sv5	Muito Mole,
-7,00	2 / 30	•								C4Sv5	Muito Mole,
-8,00	2 / 30	•								C4Sv5	Muito Mole,
-9,00	2 / 30	•								C4Sv5	Muito Mole,
-10,00	2 / 30	•								C5Sv5	Muito Mole,
-11,00	2 / 30	•								C5Sv5	Muito Mole,
-12,00	2 / 30	•								C5Sv5	Muito Mole,
-13,00	2 / 30	•								C5Sv5	Muito Mole,
-14,00	2 / 30	•								C5Sv5	Muito Mole,
-15,00	2 / 30	•								C5Sv5	Muito Mole, Argila, Arenosa, Vermelha, Úmida
-16,00	5 / 30	•								C5Sv5	Mole,
-17,00	7 / 30	•								C5Sv5	Média,
-18,00	12 / 30	•								C5Sv5	Rija,
-19,00	11 / 30	•								C5Sv5	Rija,
-20,00	4 / 30	•								C5Sv5	Mole,
-21,00	7 / 30	•								C5Sv9	Média,
Limite de Impenetrabilidade SPT = 23,45m										1ª leitura N.A.: -19,89m em 23/04/2012, às 18:00 hs	
Limite de Impenetrabilidade DCPT = 23,54m										2ª leitura N.A.: -19,90m em 24/04/2012, às 08:40 hs	
OBS: Face a pequena espessura da camada considerada resistente, aguardamos autorização para executar sondagens rotativas.											

Figura 3.6 - Sondagem quadra 109. (ARQUIVOS FUNDEX/INFRASOLO)


 Fundações e Recuperação de Estrutura		SONDAGEM A PERCUSSÃO STANDARD SPT/DCPT Norma Brasileira NBR 6484			SP.05 Folha: 2/2	
Cliente: COOPERSEFE		Obra nº 120.410		Sondador EDICARLOS		
Obra: Ed. Residencial						
Local: SQNW 109 Bloco "C" - Noroeste - BRASÍLIA						
RN - Cota 100,00m Arbitrada Amostrador Padrão 2" Pilião: 65 Kg Altura de queda: 75 cm E = 72%					Revest. de 2 1/2" comp.: 1,00m	
Prof. (m)	Cota da Boca do Furo =98,88m				Início:	23/04/2012
	2°+3° Pen Gráfico SPT (N72)				Término:	23/04/2012
CLASSIFICAÇÃO						
-22,00	19 / 30				C5Mv9	Rija, Argila, Siltosa, Vermelha, Submersa
-23,00	24 / 30				C5Mv9	Dura,
-24,00	50 / 30				Mr9	Dura, Silte, Rosa, Submersa
-25,00					DCPT	Muito Compacta, Sondagem continuada com Diepsondering p/ confirmar a impenetrabilidade do SPT.
-26,00						
-27,00						
-28,00						
-29,00						
-30,00						
-31,00						
-32,00						
-33,00						
-34,00						
-35,00						
-36,00						
-37,00						
-38,00						
-39,00						
-40,00						
-41,00						
-42,00						
Limite de Impenetrabilidade SPT = 23,45m					1ª leitura N.A.: -19,89m em 23/04/2012, às 18:00 hs	
Limite de Impenetrabilidade DCPT = 23,54m					2ª leitura N.A.: -19,90m em 24/04/2012, às 08:40 hs	
OBS: Face a pequena espessura da camada considerada resistente, aguardamos autorização para executar sondagens rotativas.						

Figura 3.7 - Continuação Sondagem quadra 109. (ARQUIVOS FUNDEX/INFRASOLO)

3.2 METODOLOGIA

A pesquisa desenvolvida no presente trabalho abrange 04 quadras do bairro Noroeste localizado em Brasília. O método de prospecção utilizado foi o SPT, e na maioria dos casos prosseguido com sondagem rotativa.

Para dimensionamento será utilizado as cargas de uma edificação real sem subsolo e sem pilares de divisa. Para, em seguida, fazer a comparação de qual elemento de fundação trará o melhor custo benefício. Em todas as quadras utiliza-se a mesma carga dos pilares. As cargas foram tiradas do projeto de um edifício com as seguintes características:

- Edifício Residencial - ADC Projetos
- Obra: ADC Projetos - Obra Mancá Residencial - Águas Claras - DF
- 22 Pavimentos
- Os momentos e as cargas horizontais são mínimos (< 10% da carga), por isso desprezado no cálculo.

Para os cálculos de orçamento:

- Estaca escavada
 - $\Phi 30 = \text{R\$ } 12/\text{m}$, $\Phi 40 = \text{R\$ } 15/\text{m}$, $\Phi 50 = \text{R\$ } 18/\text{m}$
- Estaca Hélice Contínua
 - $\Phi 30 = \text{R\$ } 30/\text{m}$, $\Phi 40 = \text{R\$ } 35/\text{m}$, $\Phi 50 = \text{R\$ } 45/\text{m}$, $\Phi 60 = \text{R\$ } 50/\text{m}$
- Tubulão
 - Fuste = $\text{R\$ } 90/\text{m}^3$
 - Base = $\text{R\$ } 150/\text{m}^3$
- Concreto Usinado = $\text{R\$ } 180,00/\text{m}^3$.
- Preço do aço = $\text{R\$ } 4,00/\text{Kg}$.
- Blocos de fundação não levados em consideração no cálculo de orçamento.

LOCAÇÃO DOS PILARES:

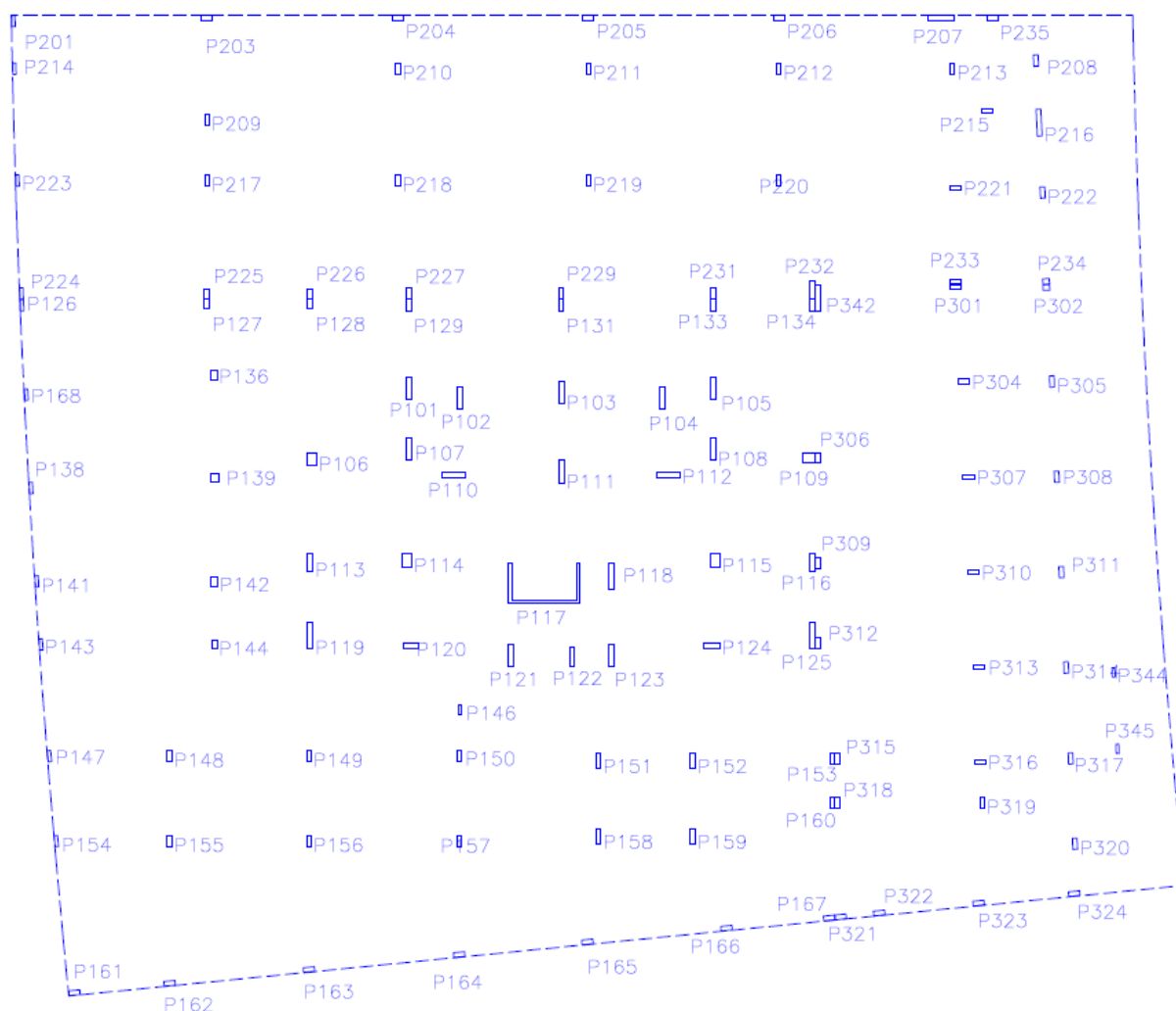


Figura 3.8 – Locação dos pilares. (ARQUIVOS FUNDEX/INFRASOLO)

CARGAS:

Tabela 3.1 - Carga dos Pilares. ADC Projetos - Obra Mancá Residencial - Águas Claras - DF

Elemento	Fz	Elemento	Fz
P101	282,0	P167	70,5
P102	506,6	P168	108,0
P103	633,9	P201	87,2
P104	513,7	P203	217,6
P105	293,8	P204	142,4
P106	760,9	P205	149,8
P107	497,0	P206	119,5
P108	512,1	P207	114,7
P109	742,7	P208	37,5
P110	635,4	P209	314,0
P111	770,1	P210	265,5
P112	627,3	P211	274,8
P113	587,5	P212	271,1
P114	814,0	P213	168,8

P115	868,9		P214	119,1
P116	582,3		P215	59,3
P117	2251,8		P216	96,8
P118	1048,6		P217	325,3
P119	656,5		P218	376,8
P120	697,9		P219	399,1
P121	700,0		P220	374,1
P122	419,4		P221	265,6
P123	603,0		P222	36,5
P124	757,1		P223	190,6
P125	633,2		P224	96,5
P126	67,6		P225	193,7
P127	111,7		P226	73,5
P128	89,8		P227	139,4
P129	90,4		P229	162,6
P131	108,1		P231	133,1
P133	98,4		P232	126,7
P134	66,7		P233	123,4
P136	173,9		P234	53,1
P138	112,1		P235	16,1
P139	219,4		P301	129,8
P141	93,1		P302	46,6
P142	150,9		P304	267,9
P143	108,9		P305	89,6
P144	201,5		P306	168,8
P146	37,3		P307	240,8
P147	85,5		P308	84,0
P148	170,5		P309	121,9
P149	165,7		P310	247,6
P150	173,8		P311	82,3
P151	169,8		P312	142,1
P152	198,5		P313	246,0
P153	109,4		P314	92,7
P154	118,0		P315	113,0
P155	237,7		P316	189,5
P156	267,0		P317	70,0
P157	256,5		P318	96,5
P158	212,7		P319	125,5
P159	177,9		P320	42,5
P160	120,8		P321	41,3
P161	86,1		P322	79,6
P162	160,9		P323	89,8
P163	197,5		P324	16,1
P164	160,4		P342	146,5
P165	142,7		P344	13,1
P166	123,4		P345	12,3

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Através da análise dos perfis geotécnicos apresentados nos relatórios de sondagens, possibilitou-se dimensionar os elementos de fundação, profundidade do furo, e orçamento da fundação.

O método utilizado para calcular a capacidade de carga da estaca escavada e hélice contínua foi o resultado da média das três capacidades de cargas admissíveis intermediárias fornecidas pelo software Site Engenharia. Esse Software calcula a capacidade de carga pelos métodos: Pedro Paulo Costa Velloso, Aoki-Veloso, Decourt – Quaresma, Alberto Henrique Teixeira e Urbano Rodrigues Alonso.

4.1 QUADRA 107

Análise baseada em sete furos de sondagem realizada na data 23/04/2012.

Foi utilizado o furo SP04 (figura 08) para calcular a capacidade de carga.

NÍVEL D'água: Não encontrado.

SOLO: Sfb4 - Areia fina, Branca, Pouco Úmida

LIMITE DE IMPENETRABILIDADE SPT: 4,45 m

LIMITE DE IMPENETRABILIDADE DCPT: 4,49 m

Foi adotado como solução de fundação estaca escavada ou tubulão.

ESTACA ESCAVADA

CAPACIDADE DE CARGA

Profundidade = 4,00 m

Φ30 = 25t

Φ40 = 38t

Φ50 = 60t

Tabela 4.1 - Capacidade de carga Quadra 107. (Site Software Engenharia)

ok

Tipo de Estaca

☐ Premoldada (concreto)
☐ Franki
☐ Hélice Contínua
☒ Escavadas sem revestimentos
☐ Escavadas com revestimentos ou lama
☐ Hollow Auger
☐ Raiz

Tipo do solo

Cota (m)	N° SPT	Argila Silty	Argila Arenosa	Silt Argiloso	Silt Arenoso	Arenia Argilosa	Arenia Silty	Arenia	Arenia com pedregulhos
1	2								
2	10								
3	46								
4	50								
5	50								
6	50								
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									

Comprimento total da estaca (m)

4,0 m

Diâmetro seção circular

500,0 mm

Volume base alargada (Franki) (L)

litros

Tipo de carregamento método "P.P.C.V"

Compressão

Resultado dos Métodos

Carga admissível da estaca (t)

Capacidade de carga total da estaca (t)				
Capacidade de carga		resistência de ponta (t)		
Capacidade de carga		atrito lateral (t)		
Pedro Paulo Costa Velloso	20,4	123,9	144,3	57,7
Aoki-Velloso	19,1	261,8	280,9	140,4
Decourt-Quaresma	23,7	191,1	214,9	66,0
Alberto Henriques Teixeira	33,9	172,3	206,2	65,7
Urbano Rodrigues Alonso	30,3	104,1	134,3	37,9

QUANTIDADE ESTACAS ESCAVADAS:

Tabela 4.2 - Quantidade de estacas Quadra 107

Qnt.	φ	Carga até (tf)	DF
4	30	25	4
13	40	38	4
560	50	60	4
577			

ORÇAMENTO ESTACA ESCAVADA:

Tabela 4.3 - Volume de concreto e mão de obra

ESTACA ESCAVADA QUADRA 107						
CONCRETO						
Item	Descrição	Qtde.	un.	Total	Área (m2)	Volume (m3)
1.0	ESTACAS					
1.1	Estacas Escavada Ø=30cm	4	m	16	0,071	1,13
1.2	Estacas Escavada Ø=40cm	13	m	52	0,126	6,53
1.3	Estacas Escavada Ø=50cm	560	m	2.240	0,196	439,77
TOTAL						447,43
MÃO DE OBRA						
Item	Descrição	Qtde.	un.	Total (m)	R\$ unit.	R\$ Total
2.0	MOBILIZAÇÃO E PROJETO					
2.1	Mobilização de Equipe e Equipamento	01	uni	01	R\$ 1.600,00	R\$ 1.600,00
SUB-TOTAL					R\$ 1.600,00	
3.0	CRAVAÇÃO					
3.1	Estacas Escavada Ø=30cm	4	m	16	R\$ 12,00	192,00
3.2	Estacas Escavada Ø=40cm	13	m	52	R\$ 15,00	780,00
3.3	Estacas Escavada Ø=50cm	560	m	2.240	R\$ 18,00	40.320,00
3.4						
3.5						
3.6						
SUB-TOTAL					R\$ 41.292,00	
TOTAL ESTIMADO DOS SERVIÇOS ORÇADOS					R\$ 42.892,00	

CUSTO CONCRETO: R\$ 80.537,40

CUSTO DO AÇO: R\$ 40.842,12

CUSTO DA FUNDAÇÃO + CONCRETO: R\$164.271,52

TUBULÃO

Profundidade = 4,00m

TAXA = 5 kgf/cm² -

Carga até 365 t

Maior Base = 305 cm

Maior Fuste = 100 cm

Maior Hbase = 180 cm

Maior Vol. Base = 4,88 m³

ORÇAMENTO TUBULÃO:

Total = 158 Tubulões

Tabela 4.4 - Volume de concreto e custo da mão de obra

Volume Total (m³)	628,66	283,21	345,44	Carga Total	31326,50
ORÇAMENTO	R\$/m³	R\$ 90,00	R\$ 150,00	Total Kg	8852,87
TOTAL	R\$ 77.305,50	R\$ 25.489,31	R\$ 51.816,19	Total Proj.	9004,12

CUSTO CONCRETO: R\$ 113.158,80

CUSTO DO AÇO = R\$ 36.016,48

CUSTO DA FUNDAÇÃO: R\$ 226.480,78

Como podemos observar o número de estacas escavadas é bem maior que o de tubulões, porem seu custo e o volume de concreto é menor o que torna a estaca escavada mais econômica (figura 17). Todavia, para a maior precisão do orçamento final vale observar o concreto e armação do bloco, pois quanto maior o numero de estacas maior vai ser o bloco de fundação aumentando bastante o gasto em concreto e aço.

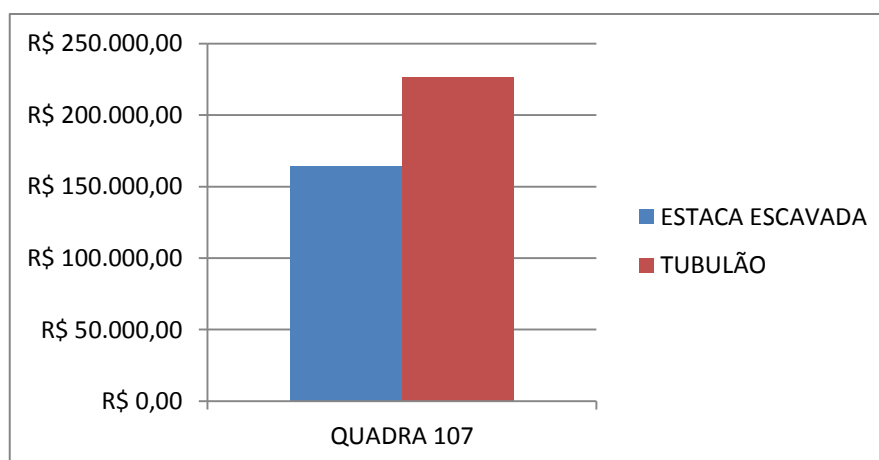


Figura 4.1 – Comparativo de custos quadra 107

4.2 QUADRA 108

Análise baseada em cinco furos de sondagem realizada na data 09/01/2012.

Foi utilizado o furo SP03 (figura 09) para calcular a capacidade de carga.

NÍVEL D'água: Não encontrado.

SOLO: C6Sv5 - Argila, Muito Arenosa, Vermelha, Úmida (até 9m)

Ma5 - Silte, Amarelo, Úmido (9 até 15m)

M4Sa5 - Silte, Pouco Arenoso, Amarelo, Úmido (15 até 17m)

LIMITE DE IMPENETRABILIDADE SPT: 16,45 m

LIMITE DE IMPENETRABILIDADE DCPT: 21,02 m

Foi adotado como solução de fundação estaca escavada ou tubulão.

ESTACA ESCAVADA

CAPACIDADE DE CARGA

Profundidade = 17,00 m

Φ30 = 28t

Φ40 = 41t

Φ50 = 60t

Tabela 4.5 - Capacidade de Carga estaca escavada. (Site Software Engenharia)

ok

		Tipo do solo							
Cota (m)	N° SPT	Argila Silty	Argila Arenosa	Silt Argiloso	Silt Arenoso	Areia Argilosa	Areia Silty	Areia	Areia com pedregulhos
1	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	30	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tipo de Estaca

- ☐ Premoldada (concreto)
- ☐ Franki
- ☐ Hélice Contínua
- ☒ Escavadas sem revestimentos
- ☐ Escavadas com revestimentos ou lama
- ☐ Hollow Auger
- ☐ Raiz

Comprimento total da estaca (m) ok

17,0 m

Diâmetro seção circular *

500,0 mm

Volume base alargada (Franki) (L)

litros

Tipo de carregamento método "P.P.C.V" *

Compressão

Resultado dos Métodos

Carga admissível da estaca (t)

	Capacidade de carga total da estaca (t)	Capacidade de carga resistência de ponta (t)	Capacidade de carga atrito lateral (t)	
Pedro Paulo Costa Velloso	54,9	64,0	118,9	47,5
Aoki-Velloso	21,2	60,2	81,4	40,7
Decourt-Quaresma	61,4	102,1	163,5	72,8
Alberto Henriques Teixeira	73,5	67,0	140,5	65,7
Urbano Rodrigues Alonso	59,4	80,6	140,0	70,0

QUANTIDADE DE ESTACAS ESCAVADAS:

Tabela 4.6 - Quantidade de estacas escavadas

Qnt.	φ	Carga até (tf)	DF
4	30	28	17
21	40	41	17
552	50	60	17
577			

ORÇAMENTO ESTACA ESCAVADA:

Tabela 4.7 - Volume de concreto e custo da mão de obra.

ESTACA ESCAVADA QUADRA 108						
CONCRETO						
Item	Descrição	Qtde.	un.	Total	Área (m2)	Volume (m3)
1.0	ESTACAS					
1.1	Estacas Escavada Ø=30cm	4	m	68	0,071	4,81
1.2	Estacas Escavada Ø=40cm	21	m	357	0,126	44,86
1.3	Estacas Escavada Ø=50cm	552	m	9.384	0,196	1.842,31
TOTAL						1.891,98
MÃO DE OBRA						
Item	Descrição	Qtde.	un.	Total (m)	R\$ unit.	R\$ Total
2.0	MOBILIZAÇÃO E PROJETO					
2.1	Mobilização de Equipe e Equipamento	01	uni	01	R\$ 1.600,00	R\$ 1.600,00
SUB-TOTAL					R\$ 1.600,00	
3.0	CRAVAÇÃO					
3.1	Estacas Escavada Ø=30cm	4	m	68	R\$ 12,00	816,00
3.2	Estacas Escavada Ø=40cm	21	m	357	R\$ 15,00	5.355,00
3.3	Estacas Escavada Ø=50cm	552	m	9.384	R\$ 18,00	168.912,00
3.4						
3.5						
3.6						
SUB-TOTAL					R\$ 175.083,00	
TOTAL ESTIMADO DOS SERVIÇOS ORÇADOS					R\$ 176.683,00	

CUSTO CONCRETO: R\$ 340.556,40

CUSTO DO AÇO: R\$ 40.817,00

CUSTO DA FUNDAÇÃO + CONCRETO: R\$ 558.056,40

TUBULÃO

A escavação do tubulão deverá ser feita com revestimento lateral nos primeiros metros, até atingir um solo mais resistente.

Profundidade = 16,00m

TAXA = 5 kgf/cm² -

Carga até 365 t

Maior Base = 305 cm

Maior Fuste = 100 cm

Maior Hbase = 180 cm

Maior Vol. Base = 4,88 m³

ORÇAMENTO TUBULÃO:

Total = 158 Tubulões

Tabela 4.8 - Volume de concreto e custo da mão de obra

Volume Total (m³)	1549,10	1203,66	345,44
ORÇAMENTO	R\$/m³	R\$ 90,00	R\$ 150,00
TOTAL	R\$ 160.145,77	R\$ 108.329,58	R\$ 51.816,19

CUSTO CONCRETO: R\$ 278.838,00

CUSTO DO AÇO: R\$ 36.016,48

CUSTO DA FUNDAÇÃO + CONCRETO: R\$475.000,25

Como podemos observar o número de estacas escavadas é bem maior que o de tubulões. O volume de concreto das estacas escavadas supera o volume dos tubulões. Caso fosse levado em consideração o concreto dos blocos de fundação aumentaria mais ainda o custo das estacas escavadas, devido ao fato da quantidade de estacas ser bem maior que a de tubulão. Sendo assim, nesta obra optaria pelo uso de tubulão.

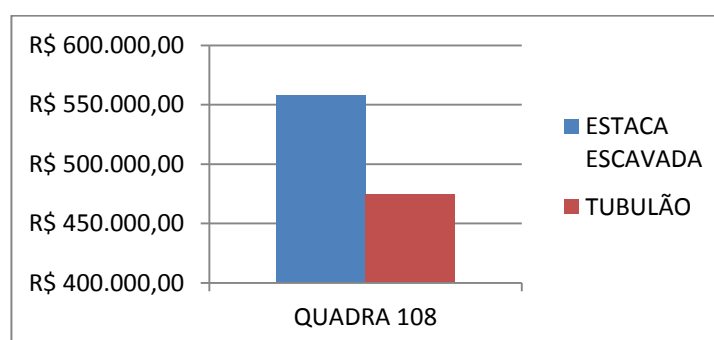


Figura 4.2 – Comparativo de custos quadra 108.

4.3 QUADRA108/109

Análise baseada em cinco furos de sondagem realizada na data 14/11/2012.

Foi utilizado o furo SP04 (figura 10 e 11) para calcular a capacidade de carga.

NÍVEL D'água: Não encontrado.

SOLO: C6Sv5 - Argila, Muito Arenosa, Vermelha, Úmida (até 10m)

C5Sv5 - Argila, Arenosa, Vermelha, Úmida (10 até 25m)

C5Mv5 - Argila, Siltosa, Úmida (25 até 26m)

Mr5 - Silte, Rosa, Úmido (26 até 29m)

LIMITE DE IMPENETRABILIDADE SPT: 28,45 m

LIMITE DE IMPENETRABILIDADE DCPT: 29,33 m

Foi adotado como solução de fundação estaca escavada ou hélice contínua.

ESTACA ESCAVADA

CAPACIDADE DE CARGA

Profundidade = 26 m

$\Phi 30 = 28t$

$\Phi 40 = 48t$

$\Phi 50 = 67t$

Tabela 4.9 - Capacidade de carga da estaca escavada. (Software Site Engenharia).

ok

Tipo de Estaca

☐ Premoldada (concreto)
☐ Franki
☐ Hélice Contínua
☒ Escavadas sem revestimentos
☐ Escavadas com revestimentos ou lama
☐ Hollow Auger
☐ Raiz

Tipo do solo

Cota (m)	N SPT	Argila Siltsosa	Argila Arenosa	Silt Argiloso	Silt Arenoso	Areia Argilosa	Areia Siltsosa	Areia	Areia com pedregulhos
1	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	8	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	9	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	11	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	9	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	9	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	8	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	9	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	9	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23	18	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	13	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25	11	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26	13	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27	30	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Comprimento total da estaca (m) 26,0 m ok

Diâmetro seção circular 500,0 mm *

Volume base alargada (Franki) (L) litros

Tipo de carregamento método "P.P.C.V" Compressão *

Resultado dos Métodos

Carga admissível da estaca (t)

Capacidade de carga total da estaca (t)

	Capacidade de carga resistência de ponta (t)	Capacidade de carga atrito lateral (t)		
Pedro Paulo Costa Velloso	86,6	36,3	122,9	49,2
Aoki-Velloso	38,5	18,7	57,2	28,6
Decourt-Quaresma	111,5	38,9	150,4	95,5
Alberto Henriques Teixeira	118,8	28,1	146,8	86,2
Urbano Rodrigues Alonso	101,9	41,0	142,9	71,4
Média dos processos	91,5	32,6	124,0	66,2

QUANTIDADE DE ESTACA ESCAVADA:

Tabela 4.10 - Quantidade de estacas escavadas

Qnt.	φ	Carga até (tf)	DF
4	30	28	26
50	40	48	26
468	50	67	26
522			

ORÇAMENTO ESTACA ESCAVADA:

Tabela 4.11 - Volume de concreto e custo da mão de obra

ESTACA ESCAVADA QUADRA 108/109						
CONCRETO						
Item	Descrição	Qtde.	un.	Total	Área (m2)	Volume (m3)
1.0	ESTACAS					
1.1	Estacas Escavada Ø=30cm	4	m	104	0,071	7,35
1.2	Estacas Escavada Ø=40cm	50	m	1.300	0,126	163,34
1.3	Estacas Escavada Ø=50cm	468	m	12.168	0,196	2.388,88
TOTAL						2.559,58
MÃO DE OBRA						
Item	Descrição	Qtde.	un.	Total (m)	R\$ unit.	R\$ Total
2.0	MOBILIZAÇÃO E PROJETO					
2.1	Mobilização de Equipe e Equipamento	01	uni	01	R\$ 1.600,00	R\$ 1.600,00
SUB-TOTAL					R\$ 1.600,00	
3.0	CRAVAÇÃO					
3.1	Estacas Escavada Ø=30cm	4	m	104	R\$ 12,00	1.248,00
3.2	Estacas Escavada Ø=40cm	50	m	1.300	R\$ 15,00	19.500,00
3.3	Estacas Escavada Ø=50cm	468	m	12.168	R\$ 18,00	219.024,00
3.4						
3.5						
3.6						
SUB-TOTAL					R\$ 239.772,00	
TOTAL ESTIMADO DOS SERVIÇOS ORÇADOS					R\$ 241.372,00	

CUSTO CONCRETO: R\$ 460.724,40

CUSTO DO AÇO: R\$ 39.743,52

CUSTO DA FUNDAÇÃO + CONCRETO: R\$ 741.839,92

ESTACA HÉLICE CONTÍNUA MONITORADA

CAPACIDADE DE CARGA:

Profundidade = 27 m

Φ30 = 35t

Φ40 = 65t

Φ50 = 90t

Φ60 = 114t

Tabela 4.12 - Capacidade de carga estaca Hélice Contínua. (Software Site Engenharia)

ok

Tipo de Estaca

☐ Premoldada (concreto)
☐ Franki
☒ Hélice Contínua
☐ Escavadas sem revestimentos
☐ Escavadas com revestimentos ou lama
☐ Hollow Auger
☐ Raiz

Comprimento total da estaca (m)
 27,0 m

Diâmetro seção circular
 600,0 mm

Volume base alargada (Franki) (L)
 litros

Tipo de carregamento método "P.P.C.V"
 Compressão

ok

Resultado dos Métodos

Carga admissível da estaca (t)

Capacidade de carga total da estaca (t)

Capacidade de carga resistência de ponta (t)

Capacidade de carga atrito lateral (t)

	Pedro Paulo Costa Velloso	Aoki-Velloso	Decourt-Quaresma	Alberto Henriques Teixeira	Urbano Rodrigues Alonso	Média dos processos
Capacidade de carga total da estaca (t)	189,8	74,7	177,5	152,3	152,5	149,3
Capacidade de carga resistência de ponta (t)	71,0	97,5	88,4	65,9	90,2	82,6
Capacidade de carga atrito lateral (t)	260,7	172,2	265,8	218,3	242,7	231,9
Carga admissível da estaca (t)	104,3	86,1	158,6	118,0	121,3	117,7

Cota (m)
 N° SPT
 Tipo do solo
 Argila Silty
 Argila Arenosa
 Silte Argiloso
 Silte Arenoso
 Areia Argilosa
 Areia Silty
 Areia
 Areia com pedregulhos

1 2
 2 2
 3 2
 4 2
 5 2
 6 2
 7 3
 8 3
 9 4
 10 4
 11 5
 12 8
 13 9
 14 11
 15 9
 16 9
 17 8
 18 10
 19 9
 20 10
 21 10
 22 9
 23 18
 24 13
 25 11
 26 13
 27 30

QUANTIDADE DE ESTACAS HÉLICE:

Tabela 4.13 - Quantidade de estacas Hélice Contínua

QUANTIDADE ESTACAS HÉLICE

Qnt.	Ø	Carga até (tf)	DF	CARGA ESTRUTURAL 5,5 Mpa
4	30	35	27	38
0	35	1	27	52
30	40	65	27	68
79	50	90	27	108
222	60	114	27	155
0	70	1	27	211
0	80	1	27	276
0	90	1	27	349
0	100	1	27	431
335				

ORÇAMENTO ESTACA HÉLICE:

Tabela 4.14 - Volume de concreto e custo da mão de obra

MATERIAIS						
Item	Descrição	Qtde.	un.	Total	Vol.	Vol. Total
1.0	ESTACAS					
1.1	30	4	m	108	0,071	7,63
1.2	35	0	m	0	0,096	0,00
1.3	40	30	m	810	0,126	101,74
1.4	50	79	m	2.133	0,196	418,60
1.5	60	222	m	5.994	0,283	1.693,90
1.6	70	0	m	0	0,385	0,00
1.7	80	0	m	0	0,502	0,00
1.8	90	0	m	0	0,636	0,00
1.9	100	0	m	0	0,785	0,00
TOTAIS		335		9.045		2.221,87
MÃO DE OBRA						
Item	Descrição	Qtde.	un.	Total (m)	R\$ unit.	R\$ Total
1.0	PROJETO					
1.1	Elaboração	01	uni	01	R\$ 0,00	R\$ 0,00
2.0	MOBILIZAÇÃO					
2.1	Mobilização	01	uni	01	R\$ 8.000,00	R\$ 8.000,00
	SUB-TOTAL				R\$ 8.000,00	
3.0	PERFURAÇÃO					
3.1	30	4	m	108	R\$ 30,00	3.240,00
3.2	35	0	m	0	R\$ 32,00	0,00
3.3	40	30	m	810	R\$ 35,00	28.350,00
3.4	50	79	m	2.133	R\$ 45,00	95.985,00
3.5	60	222	m	5.994	R\$ 50,00	299.700,00
3.6	70	0	m	0	R\$ 63,00	0,00
3.7	80	0	m	0	R\$ 75,00	0,00
3.8	90	0	m	0	R\$ 85,00	0,00
3.9	100	0	m	0	R\$ 95,00	0,00
	SUB-TOTAL				R\$ 427.275,00	
	TOTAL ESTIMADO DOS SERVIÇOS ORÇADOS				R\$ 435.275,00	

CUSTO CONCRETO: R\$ 399.936,60

CUSTO DO AÇO: R\$ 29.770,20

CUSTO DA FUNDAÇÃO + CONCRETO: R\$864.981,80

Neste terreno a sondagem atingiu uma profundidade média de 27 metros, por isso foi excluído o tubulão como solução de fundação.

A mão de obra de escavação e o concreto para a execução da estaca escavada tem um custo menor que o da hélice. Em contra partida a quantidade de estacas escavadas superou em 188, quando comparadas às estacas Hélices continua, aumentando significativamente o volume de concreto das fundações.

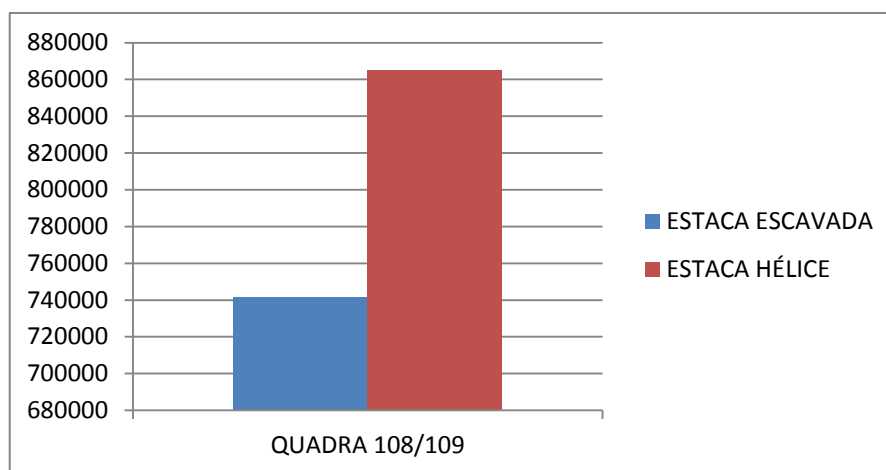


Figura 4.3 – Comparativo de custos quadra 108/109.

4.4 QUADRA 109

Análise baseada em seis furos de sondagem realizada na data 23/04/2012.

Foi utilizado o furo SP05 (figura 12 e 13) para calcular a capacidade de carga.

NÍVEL D'água: encontrado à 19,89 m.

SOLO: C4Sv5 - Argila, Pouco Arenosa, Vermelha, Úmida (até 9 m)

C5Sv5 - Argila, Arenosa, Vermelha, Úmida (9 até 21m)

C5Mv9 - Argila, Siltosa, Vermelha, Submersa (21 até 23m)

Mr9 - Silte, Rosa, Submerso (23 até 24m)

LIMITE DE IMPENETRABILIDADE SPT: 23,45 m

LIMITE DE IMPENETRABILIDADE DCPT: 23,54 m

Foi adotado como solução de fundação estaca hélice contínua ou estaca pré-moldada.

ESTACA HÉLICE CONTÍNUA MONITORADA

:

CAPACIDADE DE CARGA

Profundidade = 24 m

Φ30 = 35t

Φ40 = 50t

Φ50 = 70t

Φ60 = 95t

Tabela 4.15 - Capacidade de Carga estaca Hélice Contínua

		Tipo de Estaca							
Cota (m)	N° SPT	Tipo do solo							
		Argila Siltsosa	Argila Arenosa	Silte Argiloso	Silte Arenoso	Areia Argilosa	Areia Siltsosa	Areia	Areia com pedregulhos
1	2								
2	2								
3	2								
4	2								
5	2								
6	2								
7	2								
8	2								
9	2								
10	2								
11	2								
12	2								
13	2								
14	2								
15	2								
16	5								
17	7								
18	12								
19	11								
20	4								
21	7								
22	19								
23	24								
24	50								
25	50								
26	50								

<input type="checkbox"/> Premoldada (concreto)	
<input type="checkbox"/> Franki	
<input checked="" type="radio"/> Hélice Contínua	
<input type="checkbox"/> Escavadas sem revestimentos	
<input type="checkbox"/> Escavadas com revestimentos ou lama	
<input type="checkbox"/> Hollow Auger	
<input type="checkbox"/> Raiz	

Comprimento total da estaca (m)	24,0	m
Diâmetro seção circular	600,0	mm
Volume base alargada (Franki) (L)		litros
Tipo de carregamento método "P.P.C.V"	Compressão	

Resultado dos Métodos				
Carga admissível da estaca (t)				
Capacidade de carga total da estaca (t)				
Capacidade de carga resistência de ponta (t)				
Capacidade de carga atrito lateral (t)				
Pedro Paulo Costa Velloso	120,1	80,8	200,9	80,4
Aoki-Velloso	47,9	130,1	178,0	89,0
Decourt-Quaresma	133,1	134,2	267,3	135,9
Alberto Henriques Teixeira	112,3	92,6	204,9	98,0
Urbano Rodrigues Alonso	96,5	103,2	199,7	99,9

QUANTIDADE DE ESTACAS HÉLICE:

Tabela 4.16 - Quantidade de estacas Hélice

Qnt.	Ø	Carga até (tf)	DF	CARGA ESTRUTURAL 5.5 Mpa
4	30	35	24	38
0	35	1	24	52
14	40	50	24	68
63	50	70	24	108
308	60	95	24	155
0	70	1	24	211
0	80	1	24	276
0	90	1	24	349
0	100	1	24	431
389				

ORÇAMENTO ESTACA HÉLICE:

Tabela 4.17 - Volume de concreto e custo da mão de obra

MATERIAIS						
Item	Descrição	Qtde.	un.	Total	Vol.	Vol. Total
1.0	ESTACAS					
1.1	30	4	m	96	0,071	6,78
1.2	35	0	m	0	0,096	0,00
1.3	40	14	m	336	0,126	42,20
1.4	50	63	m	1.512	0,196	296,73
1.5	60	308	m	7.392	0,283	2.088,98
1.6	70	0	m	0	0,385	0,00
1.7	80	0	m	0	0,502	0,00
1.8	90	0	m	0	0,636	0,00
1.9	100	0	m	0	0,785	0,00
TOTAIS		389		9.336		2.434,69
MÃO DE OBRA						
Item	Descrição	Qtde.	un.	Total (m)	R\$ unit.	R\$ Total
1.0	PROJETO					
1.1	Elaboração	01	uni	01	R\$ 0,00	R\$ 0,00
2.0	MOBILIZAÇÃO					
2.1	Mobilização	01	uni	01	R\$ 8.000,00	R\$ 8.000,00
SUB-TOTAL					R\$ 8.000,00	
3.0	PERFURAÇÃO					
3.1	30	4	m	96	R\$ 30,00	2.880,00
3.2	35	0	m	0	R\$ 32,00	0,00
3.3	40	14	m	336	R\$ 35,00	11.760,00
3.4	50	63	m	1.512	R\$ 45,00	68.040,00
3.5	60	308	m	7.392	R\$ 50,00	369.600,00
3.6	70	0	m	0	R\$ 63,00	0,00
3.7	80	0	m	0	R\$ 75,00	0,00
3.8	90	0	m	0	R\$ 85,00	0,00
3.9	100	0	m	0	R\$ 95,00	0,00
SUB-TOTAL					R\$ 452.280,00	
TOTAL ESTIMADO DOS SERVIÇOS ORÇADOS					R\$ 460.280,00	

CUSTO CONCRETO: R\$ 438.244,20

CUSTO DO AÇO: R\$ 32.028,56

CUSTO DA FUNDAÇÃO + CONCRETO: R\$ 930.552,76

ESTACA PRÉ - MOLDADA

CAPACIDADE DE CARGA

Profundidade = 24 m

Φ24 = 30t

Φ27 = 35t

Φ31 = 42t

Φ34 = 45t

Tabela 4.18 - Capacidade de carga Estaca Pré-Moldada

ok

Tipo de Estaca

- ☒ Premoldada (concreto)
- ☐ Franki
- ☐ Hélice Contínua
- ☐ Escavadas sem revestimentos
- ☐ Escavadas com revestimentos ou lama
- ☐ Hollow Auger
- ☐ Raiz

Tipo do solo

Cota (m)	N° SPT	Argila Silty	Argila Arenosa	Silt Argiloso	Silt Arenoso	Arenia Argilosa	Arenia Silty	Arenia	Arenia com pedregulhos
1	2								
2	2								
3	2								
4	2								
5	2								
6	2								
7	2								
8	2								
9	2								
10	2								
11	2								
12	2								
13	2								
14	2								
15	2								
16	5								
17	7								
18	12								
19	11								
20	4								
21	7								
22	19								
23	24								
24	50								
25	50								
26	50								

Comprimeto total da estaca (m)
24,0 m

Diâmetro seção circular
340,0 mm

Volume base alargada (Franki) (L)
litros

Tipo de carregamento método "P.P.C.V"
Compressão

Resultado dos Métodos

Carga admissível da estaca (t)

	Capacidade de carga total da estaca (t)	Capacidade de carga resistência de ponta (t)	Capacidade de carga atrito lateral (t)
Pedro Paulo Costa Velloso	80,1	63,5	143,6
Aoki-Velloso	31,0	47,7	78,8
Decourt-Quaresma	75,4	68,5	143,9
Alberto Henriques Teixeira	63,7	12,0	75,6
Urbano Rodrigues Alonso	56,4	34,8	91,2

57,4
39,4
75,1
37,8
45,6

QUANTIDADE DE ESTACAS PRÉ-MOLDADA:

Tabela 4.19 - Quantidade de estacas pré-moldada

Qnt.	φ	Carga até (tf)	DF
0	17	1	24
0	20	1	24
10	24	30	24
31	27	35	24
232	31	42	24
477	34	45	24
750			

ORÇAMENTO ESTACA PRÉ-MOLDADA:

Tabela 4.20 - Custo das estacas pré-moldada

ESTACAS						
Item	Descrição	Qtde.	un.	Total	R\$ unit.	R\$ Total
1.0	ESTACAS					
1.1	Estacas Poligonais Protendidas P17 cm	0	m	0	R\$ 24,50	0,00
1.2	Estacas Poligonais Protendidas P20 cm	0	m	0	R\$ 32,20	0,00
1.3	Estacas Poligonais Protendidas P24 cm	10	m	240	R\$ 44,60	10.704,00
1.4	Estacas Poligonais Protendidas P27cm	31	m	744	R\$ 54,80	40.771,20
1.5	Estacas Poligonais Protendidas P31cm	232	m	5.568	R\$ 70,60	393.100,80
1.6	Estacas Poligonais Protendidas P34cm	477	m	11.448	R\$ 83,40	954.763,20
	TOTAL	750	m	18.000	R\$ 1.399.339,20	

Tabela 4.21 - Custo da mão de Obra

MÃO DE OBRA						
Item	Descrição	Qtde.	un.	Total (m)	R\$ unit.	R\$ Total
2.0	MOBILIZAÇÃO					
2.1	Mobilização de Equipe e Equipamento	01	uni	01	R\$ 3.000,00	R\$ 3.000,00
	SUB-TOTAL				R\$ 3.000,00	
3.0	CRAVAÇÃO					
3.1	Estacas Poligonais Protendidas P17 cm	0	m	0	R\$ 17,00	0,00
3.2	Estacas Poligonais Protendidas P20 cm	0	m	0	R\$ 20,00	0,00
3.3	Estacas Poligonais Protendidas P24 cm	10	m	240	R\$ 24,00	5.760,00
3.4	Estacas Poligonais Protendidas P27cm	31	m	744	R\$ 27,00	20.088,00
3.5	Estacas Poligonais Protendidas P31cm	232	m	5.568	R\$ 31,00	172.608,00
3.6	Estacas Poligonais Protendidas P34cm	477	m	11.448	R\$ 34,00	389.232,00
	SUB-TOTAL	750	m	18.000	R\$ 587.688,00	
4.0	EMENDA					
4.1	Estacas Poligonais Protendidas P17 cm	0	uni	0	R\$ 30,00	0,00
4.2	Estacas Poligonais Protendidas P20 cm	0	uni	0	R\$ 32,00	0,00
4.3	Estacas Poligonais Protendidas P24 cm	20	uni	20	R\$ 36,00	720,00
4.4	Estacas Poligonais Protendidas P27cm	62	uni	62	R\$ 40,00	2.480,00
4.5	Estacas Poligonais Protendidas P31cm	464	uni	464	R\$ 47,00	21.808,00
4.6	Estacas Poligonais Protendidas P34cm	954	uni	954	R\$ 51,00	48.654,00
	SUB-TOTAL	1500	uni	1.500	R\$ 73.662,00	
TOTAL ESTIMADO DOS SERVIÇOS ORÇADOS (mobilização + cravação + emenda)					R\$ 664.350,00	
TOTAL ESTIMADO DOS SERVIÇOS ORÇADOS (mobilização + cravação + emenda + estacas)					R\$ 2.063.689,20	

CUSTO DA FUNDAÇÃO: R\$2.063.689,20

Devido à quantidade de estacas e a quantidade de emendas, a estaca pré-moldada fica economicamente inviável.

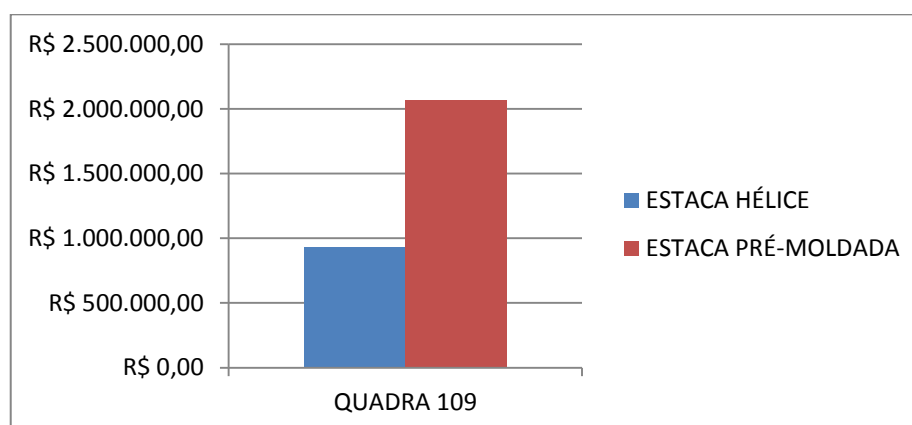


Figura 4.4 – Comparativo de custos quadra 109

Resumo dos comparativos de custos:

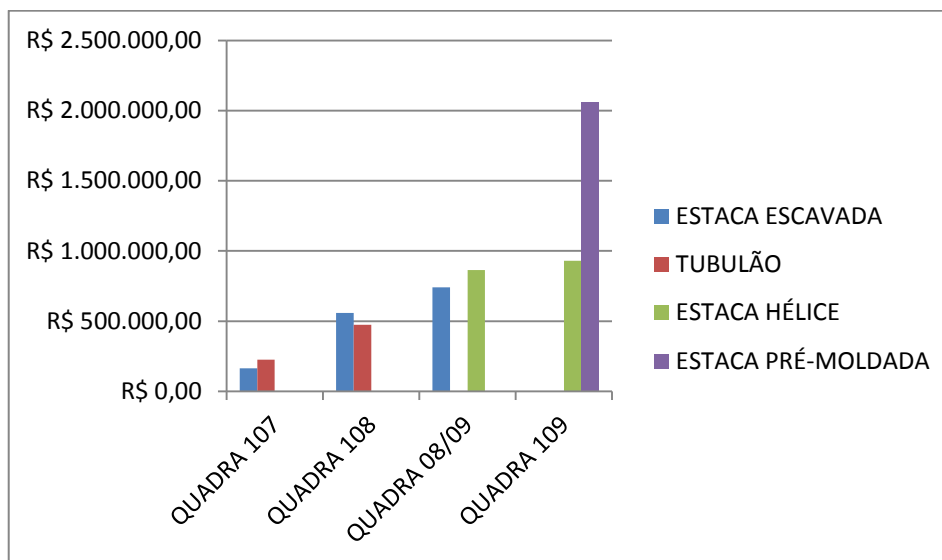


Figura 4.5 – Resumo Comparativo dos custos

5 CONCLUSÃO

Para qualquer obra, a sondagem SPT representa muito na tomada de decisão para a escolha da melhor solução de fundação. Para o melhor orçamento devemos nos atentar à varias variáveis como profundidade, resistência do solo, carregamentos, quantidade de elementos de fundação, nível de água, volume de concreto, quantidade de aço, e etc.

Verifica-se uma mudança muito grande no perfil geotécnico em áreas muito próximas. Por isso a importância de seguir as normas técnicas, e se houver dúvidas acrescentar mais furos de sondagem. Fica evidente a importância de verificar o limite de impenetrabilidade por meio de sondagem rotativa, a fim de aumentar a segurança da edificação.

Nos terrenos analisados houve uma variação nos perfis geotécnicos em relação à profundidade, resistência, classificação, dureza e etc. E essa variação de perfil influencia bastante no custo final da fundação (figura 35). Por isso o orçamento de fundação deve ser feito levando em consideração todas essas variáveis.

Segue abaixo um gráfico representando as diferenças nos custos das fundações nas quadras 107, 108, 108/109 e 109 do Noroeste - Brasília - DF

REFERÊNCIAS

BERBERIAN, D. **ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES**. 35º. ed. BRASÍLIA - DF: UNB, 2012. 900p.

BERBERIAN, D. **SONDAGENS E ENSAIOS IN SITO PARA ENGENHARIA**. 7º. ed. BRASÍLIA - DF: COPPE, 1986. 900p.

NBR 6484-2001. **SOLO – SONDAGENS DE SIMPLES RECONHECIMENTO COM SPT – MÉTODO DE ENSAIO**. ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

NBR – 6122/2010. **PROJETO E EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES**. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

HACHICH, W. **FUNDAÇÕES – TEORIA E PRÁTICA**. 2º. ed. SÃO PAULO - SP: PINI, 2002. 758p.

SITEENGENHARIA. **CÁLCULO DA CARGA ADMISSÍVEL DE ESTACA POR SPT**. WWW.SITEENGENHARIA.COM.BR